



## SERVIÇOS ANALÍTICOS E CONSULTIVOS EM SEGURANÇA DE BARRAGENS



### Produto 3 Classificação de Barragens: Melhores Práticas Nacionais e Internacionais

CONTRATO Nº 051/ANA/2012

BRASÍLIA - DF  
*DEZEMBRO 2013 (REVISADO EM SETEMBRO 2014)*



O Banco Mundial no Brasil

SCN - Qd. 2, Lt. A, Ed. Corporate Financial Center, 7º andar

Brasília, DF - CEP: 70.712-900

Brasil

Tel.: (55 61) 3329 1000

Fax: (55 61) 3329 1010

[Informacao@worldbank.org](mailto:Informacao@worldbank.org)

The World Bank

1818 H Street, NW

Washington, DC 20433 USA

tel.: (202) 473-1000

Internet: [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)

Email: [feedback@worldbank.org](mailto:feedback@worldbank.org)

Este relatório é um produto da equipe do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento/Banco Mundial. As constatações, interpretações e conclusões expressas neste artigo não refletem necessariamente as opiniões dos Diretores Executivos do Banco Mundial nem tampouco dos governos que o representam. O Banco Mundial não garante a exatidão dos dados incluídos neste trabalho. As fronteiras, cores, denominações e outras informações apresentadas em qualquer mapa deste trabalho não indicam qualquer juízo por parte do Banco Mundial a respeito da situação legal de qualquer território ou o endosso ou aceitação de tais fronteiras.

Este relatório foi preparado pelo consultor José Hernández (USACE), sob a direção de Erwin De Nys (Especialista Sênior em Recursos Hídricos) e Paula Freitas (Especialista em Recursos Hídricos), com a colaboração e comentários técnicos de Alexis Massenet (Consultor do Banco Mundial). Gostaríamos de agradecer também aos nossos colegas do Banco Mundial, Inês Persechini, Carla Zardo, Carolina Abreu dos Santos e Vinícius Cruvinel Rêgo, cujo apoio nos ajudaram a finalizar a edição e divulgação do documento. Esta atividade foi realizada pela Unidade de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (LCSSEN) do Departamento de Desenvolvimento Sustentável da América Latina e Caribe do Banco Mundial.

Cópias adicionais podem ser fornecidas por Carolina Abreu dos Santos  
([cdossantos@worldbank.org](mailto:cdossantos@worldbank.org))

Foto da Capa: Açude Marechal Dutra (Gargalheiras) – Rio Grande do Norte

Autor: Marcus Fuckner

## Sumário

Índice de Figuras.....	ii
Índice de Tabelas .....	ii
Lista de Siglas e Abreviaturas .....	iv
1. Introdução .....	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. A Lei de Segurança de Barragens no Brasil .....	8
2. Sistemas de Classificação .....	13
2.1. Classificação por dano potencial .....	16
2.2. Abordagem Baseada no Risco.....	19
3. Práticas Internacionais na Classificação de Barragens .....	22
3.1. Argentina .....	22
3.2. Espanha .....	24
3.3. Nova Zelândia .....	25
3.4. África do Sul .....	28
3.5. Austrália.....	29
3.5.1 Nova Gales do Sul .....	30
3.5.2. Queensland.....	32
3.6. Canadá .....	33
3.6.1. British Columbia.....	34
3.6.2. Québec .....	38
3.7. Portugal.....	44
3.8. Estados Unidos .....	45
3.8.1. Agência Federal de Gerenciamento de Emergências - FEMA .....	46
3.8.2. Estados.....	48
3.8.3. Bureau of Reclamation dos Estados Unidos - USBR.....	48
3.8.4. Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos - USACE .....	49
3.8.5. Processo de Gestão do Risco do Portfólio .....	50
4. Práticas Nacionais na Classificação de Barragens.....	56
4.1. COGERH.....	56
4.2. CERB (Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia).....	67
5. Discussão .....	73
6. Conclusões.....	85
7. Referências.....	88

## ANEXO I - Classificação do Dano Potencial Associado nos Estados Americanos

## Índice de Figuras

Figura 1 – Barragem de Camará antes e depois da ruptura na ombreira esquerda .....	7
Figura 2 – Barragem Algodões depois da falha e ruptura.....	7
Figura 3 – Estrutura institucional da regulação da segurança de barragens no Brasil .....	10
Figura 4 – Barragens sob a jurisdição da ANA (RSB, 2011) .....	11
Figura 5 –Distribuição de Barragens por Finalidade (RSB, 2011) .....	12
Figura 6 – Vista aérea da Barragem Whittier Narrows em Los Angeles, Califórnia, mostrando como o desenvolvimento urbano expandiu a jusante da barragem.....	18
Figura 7 – Processo do USACE de Gestão do Risco para a Segurança do Portfólio de Barragens.....	55
Figura 8 – Exemplo de mapa simplificado de inundação (SIMS) baseado em foto. Passo 1 .....	82
Figura 9 - Exemplo de “SIMS” baseado em mapa topográfico. Passo 2 .....	82
Figura 10 - Exemplo de “SIMS” baseado na sobreposição de foto com mapa topográfico. Passo 3 .....	82

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Critérios para Identificar Barragens a Serem Reguladas em Vários Países .....	13
Tabela 2 – Classificação de Barragens .....	23
Tabela 3 – Sistema de Classificação de Barragens .....	25
Tabela 4 – Categorias de Impactos Potenciais das Consequências de Falhas de Barragens.....	26
Tabela 5 – Determinação do Nível Avaliado de Danos .....	27
Tabela 6 – Determinação da Classificação de Barragens .....	28
Tabela 7 – Tabelas para a Classificação de Barragens com Risco à Segurança .....	28
Tabela 8 - Categorias de Consequências para Barragens.....	30
Tabela 9 - Categorias de Consequências para Barragens.....	32
Tabela 10 – Sistema de Classificação de Barragens .....	36
Tabela 11 - Classificação de Barragens .....	37
Tabela 12 – Comparação dos Sistemas de Classificação de Consequências da Associação Canadense de Barragens (CDA) e da British Columbia (BC) .....	38
Tabela 13 – Sistema de Classificação de Barragens .....	39
Tabela 14 – Sistema de Classificação de Barragens .....	40
Tabela 15 – Sistema de Classificação de Barragens .....	41
Tabela 16 – Sistema de Classificação de Barragens .....	41
Tabela 17 – Sistema de Classificação de Barragens .....	42
Tabela 18 - Categoria de Consequências da Falha de Barragem, com base nas Características da Área a Jusante.....	43
Tabela 19 – Sistema de Classificação de Barragens .....	44
Tabela 20 – Sistema de Classificação de Barragens em revisão .....	45
Tabela 21 - Sistema de Classificação de Barragens.....	47
Tabela 22 - Sistema de Classificação de Danos Potenciais a Jusante .....	49
Tabela 23 – Classificação do Dano Potencial para Projetos de Engenharia Civil .....	50
Tabela 24- Sistema de Classificação de Ações para a Segurança de Barragens.....	53
Tabela 25 – Trecho de uma Típica Lista de Verificação .....	57
Tabela 26– Descrição dos Pontos de uma Lista de Verificação para Inspeções.....	58
Tabela 27 - Típica Lista de Verificação de uma Barragem.....	59
Tabela 28 – Sistema de Classificação de Riscos para Barragens.....	60
Tabela 29 – Exemplo de Classificação Típica de Barragens com Base no NPB.....	61
Tabela 30 – Critérios de Risco para Barragens (Índice de Vulnerabilidade).....	62

Tabela 31 – Critérios de Risco para Barragens (Matriz de Risco).....	63
Tabela 32 – Matriz Potencial de Risco – Periculosidade/Características Técnicas (P) .....	64
Tabela 33 - Matriz Potencial de Risco – Vulnerabilidade (V).....	65
Tabela 34 – Matriz Potencial de Risco – Importância (I) .....	66
Tabela 35 - Matriz Potencial de Risco .....	66
Tabela 36 – Exemplo de Lista de Verificação com Valores GUT, Graus de Hierarquização e Índice de Desempenho Ambiental.....	68
Tabela 37 – Graus de Hierarquização, Índice de Desempenho e Níveis de Desempenho.....	70
Tabela 38 – Exemplo de Lista de Verificação com Plano de Ação Típico.....	71
Tabela 39 – Exemplo de Matriz Gerada pelo Software IDAMS .....	72
Tabela 40 – Comparação Internacional e Nacional dos Sistemas de Classificação de Dano Potencial .	793
Tabela 41 – Comparação de Sistemas de Classificação de Dano Potencial .....	79

## Lista de Siglas e Abreviaturas

ANA – Agência Nacional de Águas  
ANCOLD – Comitê Nacional Australiano Sobre Grandes Barragens  
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica  
BC – Regulação de Segurança de Barragens de British Columbia  
BM – Banco Mundial  
CAP – Cheia afluente de Projeto (*IDF – inflow design flood*)  
CBDB – Comitê Brasileiro de Barragens  
CDA – Associação Canadense de Barragens  
CERB - Companhia de Engenharia Ambiental e de Recursos Hídricos da Bahia  
CMP – Cheia Máxima Provável (*PMF- probable maximum flood*)  
CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos  
COGERH-CE – Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará  
COSB – Coordenação de Segurança de Barragens  
DBRA – Departamento de Barragens da CERB  
DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas  
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral  
DSAC – Classe de Ações em Segurança de Barragens  
DSC – Comitê de Segurança de Barragens de Nova Gales do Sul  
DSIET - Equipe de Especialistas Internacionais em Segurança de Barragens  
FEMA – Agência Federal de Gerenciamento de Emergências (EUA)  
FERC – Comissão Federal Reguladora de Energia (EUA)  
FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos  
GESER - Gerência de Regulação de Serviços Públicos e Segurança de Barragens  
GEFIS – Gerência de Fiscalização de Serviços Públicos e Segurança de Barragens  
GESIN - Gerência de Segurança e Infraestrutura Hídrica da COGERH-CE  
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
ICOLD – Comissão Internacional de Grandes Barragens  
MI – Ministério da Integração Nacional  
NPB – Nível de Perigo da Barragem  
ORSEP - Organismo Regulador da Segurança de Barragens (Argentina)  
PAE – Plano de Ação de Emergência  
PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragens  
PdV – Perdas de Vida  
PeR – População em Risco  
PPV – Prováveis Perdas de Vida  
RSB – Relatório de Segurança de Barragens  
SEED – Avaliação de Segurança de Barragens Existentes  
SIMS – Mapas Simplificados de Inundação  
SNISB – Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens  
TI – Tecnologia da Informação  
USACE – Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos  
USBR – Bureau of Reclamation dos Estados Unidos

## 1. INTRODUÇÃO

1. A Agência Nacional de Águas (ANA) foi incumbida de liderar a implantação da Lei de Segurança de Barragens no Brasil (Lei n.º. 12.334 de 10 de setembro de 2010). Para tanto, a ANA solicitou a assistência técnica do Banco Mundial (BM) nos seguintes aspectos: (a) marco regulatório para a segurança de barragens por meio da avaliação de normas, regulações, diretrizes e manuais existentes sobre o tema, com a finalidade de propor complementação; (b) assessorar no monitoramento de inspeções e na avaliação de atividades de segurança de barragens, dos relatórios e da comunicação dos resultados às autoridades e à população; (c) conceber o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB); e (d) apoiar a capacitação da ANA e dos outros órgãos envolvidos na gestão e na regulação da segurança de barragens.
2. Este produto faz parte da Assessoria Técnica e contempla as melhores práticas nacionais e internacionais em segurança de barragens voltadas para a classificação de barragens. Para tanto, o BM solicitou os serviços profissionais do Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE) para dar suporte a várias tarefas e ações no âmbito dessa Assessoria Técnica, entre elas, aquelas relacionadas com o presente relatório.
3. Esse relatório, em sua introdução, descreve os antecedentes que levaram o Brasil a realizar o seu marco regulatório em segurança de barragens e contextualiza a Lei Brasileira de Segurança de Barragens.
4. Nos capítulos seguintes, o capítulo 2 faz uma descrição sobre classificação de barragens e como é abordado o tema quanto ao risco e ao dano potencial associado. O capítulo 3 aborda as práticas internacionais na classificação de barragens e descreve essas práticas nos seguintes países: Argentina, Espanha, Nova Zelândia, África do Sul, Austrália, Nova Gales do Sul, Canadá, Portugal e Estados Unidos.
5. As práticas nacionais utilizadas para classificação de barragens no Brasil são abordadas no capítulo 4, no qual são apresentados antecedentes à Lei Brasileira de Segurança de Barragens, a experiência do Ministério da Integração Nacional e do estado do Ceará além da experiência da CERB (Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia).
6. Ao final, antes da apresentação das conclusões no capítulo 6, é realizada uma discussão sobre o tema, onde se aborda os pontos principais quanto à classificação de barragens, tanto no Brasil como no exterior (capítulo 5).

### 1.1. Antecedentes

7. As barragens figuram entre as maiores estruturas que já foram construídas. Ao longo da história, as barragens têm evitado inundações, permitido a irrigação das lavouras, gerado a hidroeletricidade, fornecido água para o consumo humano, facilitado a navegação interior e criado reservatórios usados por milhões de pessoas em atividades recreativas. A vida moderna não seria a mesma sem as barragens. A maioria das barragens serve a uma só finalidade, mas hoje existe um número crescente de barragens de usos múltiplos. Segundo o número mais recente do Registro Mundial de Barragens (*World Register of Dams/ICOLD*), o acúmulo de água para irrigação é a principal finalidade das barragens. Entre as barragens de uma só finalidade, 50% são para irrigação, 18% são hidrelétricas, 12% para abastecimento de água, 10% para controle de cheias, 5% para recreação e 5% para outros usos (sendo menos de 1% para navegação e piscicultura).

8. Como em outros países do mundo, o Brasil tem muitas barragens. Hoje, o Brasil está entre os países que mais constroem barragens e depende em alto grau da hidroeletricidade, pois cerca de 80% de sua energia elétrica é gerada por grandes barragens. Além disso, muitas delas são usadas para a irrigação, fornecimento de água à população, acumulação de rejeitos da mineração e resíduos industriais. Cerca de 86 % das barragens identificadas são usadas para usos múltiplos. Em passado recente já houve rupturas de barragens, com grandes danos à propriedade e ao meio ambiente, além da perda de muitas vidas. Com o crescimento da população, o envelhecimento e conseqüente deterioração das barragens, aumenta o potencial de mortes causadas por rupturas.
9. As rupturas de barragens são de grande preocupação porque podem causar mais mortes e destruição do que a falha de qualquer outra estrutura, como canais e pontes. Isto se deve ao poder destrutivo da onda da cheia induzida pelo colapso repentino de uma grande barragem. Na última década, houve várias rupturas de barragens no Brasil. Algumas das mais importantes foram:
  - a. Barragem de Camará. Era uma barragem de concreto compactado a rolo (CCR), localizada no Rio Mamanguape no estado da Paraíba. No dia 17 de junho de 2004, depois de fortes chuvas, a barragem de 50 metros de altura rompeu e inundou as cidades de Alagoa Grande e Mulungu, matando cinco pessoas e deixando 800 desabrigados. A construção havia terminado em 2002. A Figura 1 apresenta uma foto da barragem e da ruptura.
  - b. Barragem Campos Novos. Essa hidrelétrica no estado de Santa Catarina, com altura de aproximadamente 200 metros, era considerada a terceira mais alta do mundo entre as barragens de enrocamento com face de concreto. Uma infiltração em um dos túneis de desvio causou uma liberação descontrolada de água do imenso reservatório, em 2006. A ruptura não causou perdas de vida, mas causou insegurança na população. A construtora afirmou que a estrutura principal ficou intacta, mas o caso deixou alarmados vários grupos ambientalistas internacionais (Menescal, 2009).
  - c. Barragem Algodões. A estrutura dessa barragem no estado do Piauí foi prejudicada por semanas de chuvas fortes e rompeu em maio de 2009. Deixou a cidade de Cocal da Estação (aproximadamente 30 mil habitantes) debaixo de 20 metros de água. Pelo menos seis pessoas morreram afogadas e 500 casas foram destruídas. A Barragem Algodões foi construída em 2005, com capacidade para 52 milhões de metros cúbicos para abastecimento de água na região semiárida (Menescal, 2009). Foto da ruptura é apresentada na Figura 2.

Figura 1 – Barragem de Camará (Paraíba) antes e depois da ruptura na ombreira esquerda



Figura 2 – Barragem Algodões (Piauí) depois da falha e ruptura



- d. A ruptura da barragem de rejeitos minerais (bauxita), em Miraf, Minas Gerais, teve grande repercussão, pois inundou diversas cidades no Estado de Minas Gerais e Rio de Janeiro, entre elas a própria Miraf, prejudicando o abastecimento de água de pelo menos cinco delas. O acidente ocorreu devido ao rompimento de placas de concreto do vertedouro. Entre os danos houve morte dos peixes, inundação de áreas ribeirinhas, destruição de áreas de pastagem e de agricultura, com grande deposição de sedimentos, excesso de turbidez (presença de sedimentos) das águas do córrego Bom Jardim e ribeirão Fubá.
10. As grandes preocupações com barragens no Brasil, segundo especialistas nacionais, é que os projetos, a construção e a manutenção das barragens seguem normas e critérios distintos, fator que reduz a confiabilidade na segurança dessas estruturas. A questão era que o Brasil não tinha uma lei que regulasse a segurança de barragens até o ano 2010.
11. Os empreendedores das barragens prestam importantes serviços à sociedade e também podem lucrar com sua operação. No entanto, esses objetivos não sustentam o valor e a efetividade da propriedade sobre a barragem, se o empreendedor não cuidar da sua segurança protegendo pessoas, bens e o meio ambiente. O custo da segurança de uma barragem é pequeno, comparado aos custos que surgem depois de uma ruptura, principalmente na sociedade moderna. Responsabilidades por rupturas podem comprometer anos de lucratividade.
12. Os empreendedores podem atuar diretamente sobre a segurança das barragens e devem elaborar seus próprios programas de segurança, que precisam contemplar aspectos vitais como as inspeções, o monitoramento da instrumentação, a operação e manutenção e os planos de segurança das barragens. Esses programas se relacionam diretamente às estruturas das barragens e ao ambiente em seu entorno e dependem do conhecimento do empreendedor sobre a barragem e seu funcionamento. Com a lei de segurança de barragens em vigor, os reguladores e empreendedores devem trabalhar em conjunto para elevarem a segurança das barragens no Brasil até os melhores padrões internacionais.

## **1.2. A Lei de Segurança de Barragens no Brasil**

13. A Lei nº 12.334/2010 abrange barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos (ex. irrigação, abastecimento de água, controle de cheias, geração de eletricidade), à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, desde que a barragem apresente pelo menos uma das seguintes características (Art. 1º):
- a. altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15m (quinze metros);
  - b. capacidade total do reservatório maior ou igual a 3.000.000m<sup>3</sup> (três milhões de metros cúbicos);
  - c. reservatório que contenha resíduos perigosos conforme normas técnicas aplicáveis;
  - d. categoria de dano potencial associado, médio ou alto, em termos econômicos, sociais, ambientais ou de perda de vidas humanas, conforme

definido no sistema de classificação de barragens estabelecido pelo Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH).

14. Ao empreendedor da barragem cabe prover os recursos necessários à garantia da segurança da barragem (Art. 17). Cabe às entidades fiscalizadoras, dentre elas a ANA, classificar as barragens sob sua jurisdição com base nos critérios gerais estabelecidos pelo CNRH (Art. 7); manter cadastro das barragens sob sua jurisdição, para fins de incorporação ao SNISB (Art. 16); estabelecer o nível de detalhamento do plano de segurança de barragens, a frequência das revisões periódicas de segurança e a qualificação técnica da equipe responsável (Art. 10); e determinar a elaboração de PAE (Art. 11).
15. O Art. 5 da Lei estabelece os critérios para estabelecer quais são os órgãos fiscalizadores. Os órgãos fiscalizadores são os seguintes:
  - a. Agência Nacional de Águas (ANA) - órgão que regula as barragens que acumulam água em rios de domínio federal que não tem como uso preponderante a geração de energia elétrica. As barragens em rios estaduais com o mesmo uso serão reguladas pelos respectivos órgãos estaduais de meio ambiente e recursos hídricos.
  - b. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - órgão regulador das barragens que acumulam águas destinadas prioritariamente à geração de energia elétrica.
  - c. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) - órgão que regula barragens com rejeitos da mineração.
  - d. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) - órgão que regula barragens que contém resíduos industriais licenciadas por órgão federal. Por outro lado, as barragens que contém resíduos industriais são reguladas pelos órgãos estaduais ou municipais de meio ambiente, quando a licença é emitida por eles.
16. A Lei Brasileira de Segurança de Barragens (Lei nº12.334/2010) fixa prazos para a execução das competências estabelecidas para os vários atores, como os empreendedores e reguladores das barragens. Neste sentido, a ANA vem desempenhando as seguintes ações previstas pela Lei:
  - a. Desenvolvimento de um cadastro de barragens e publicação do Relatório de Segurança de Barragens (RSB).
  - b. Publicação de Resoluções sobre inspeções regulares (Resolução nº 742, de 17 de outubro de 2011) e sobre o Plano de Segurança de Barragens (Resolução nº 91, de 2 de abril de 2012).
  - c. Contribuição para debates no grupo de trabalho do CNRH para a publicação de regulamentações sobre os critérios de classificação em função da categoria de risco, dano potencial associado e tamanho do reservatório (Resolução nº 143 de 10 de julho de 2012) e para a implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) e

do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB) (Resolução nº 144 de 10 de julho de 2012).

- d. Exercício usando imagens de satélite disponíveis gratuitamente para classificar as barragens reguladas por dano potencial alto, médio ou baixo.
- e. Consolidação, atualmente em curso, de todos os dados do cadastro de barragens levantados por pessoal interno e terceirizado, e relatórios de inspeção e questionários preenchidos por empreendedores para a classificação de barragens.

17. A Figura 3 apresenta o arranjo institucional estabelecido no Brasil para regulação da segurança de Barragens.

Figura 3 – Estrutura institucional da regulação da segurança de barragens no Brasil

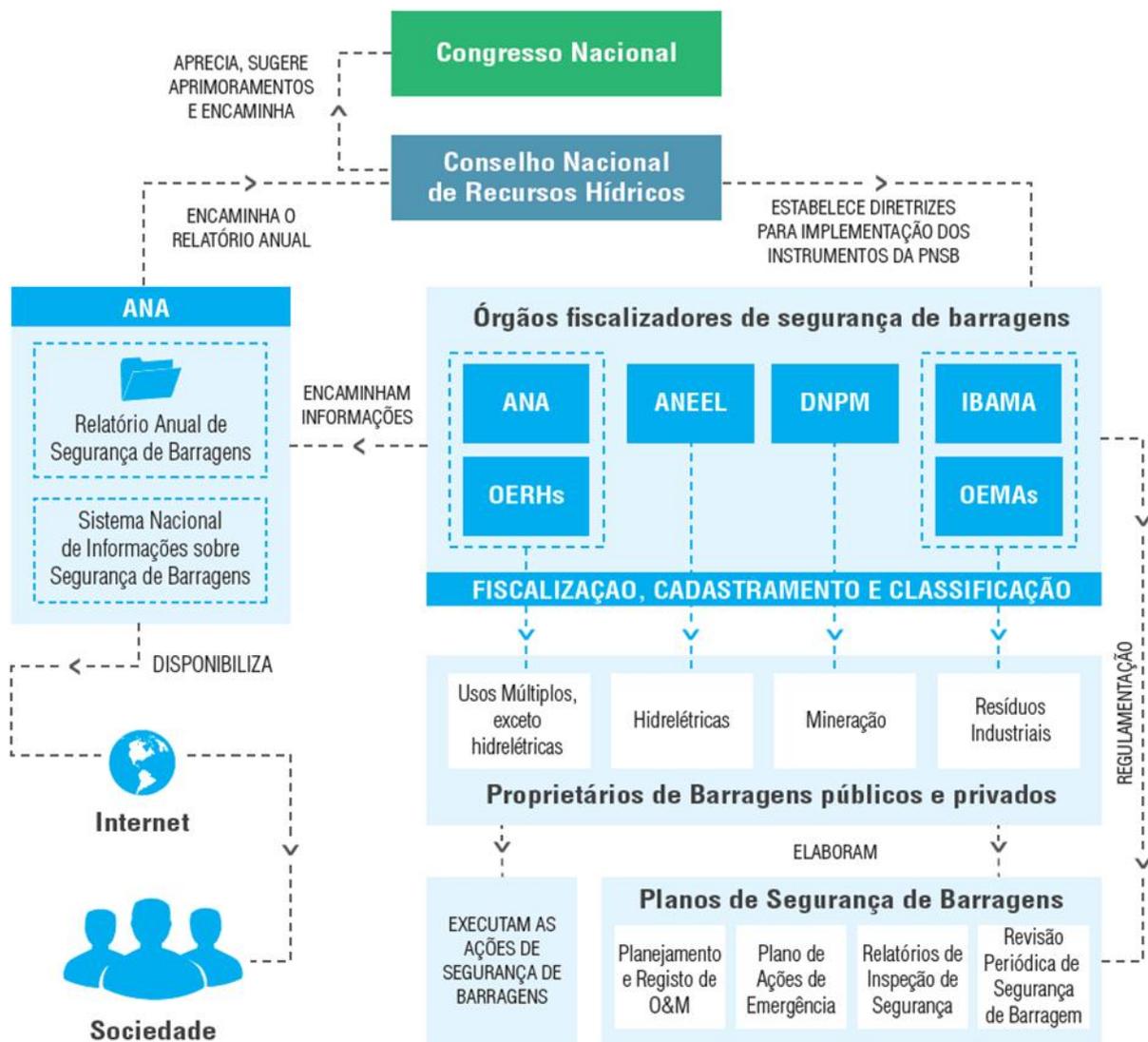
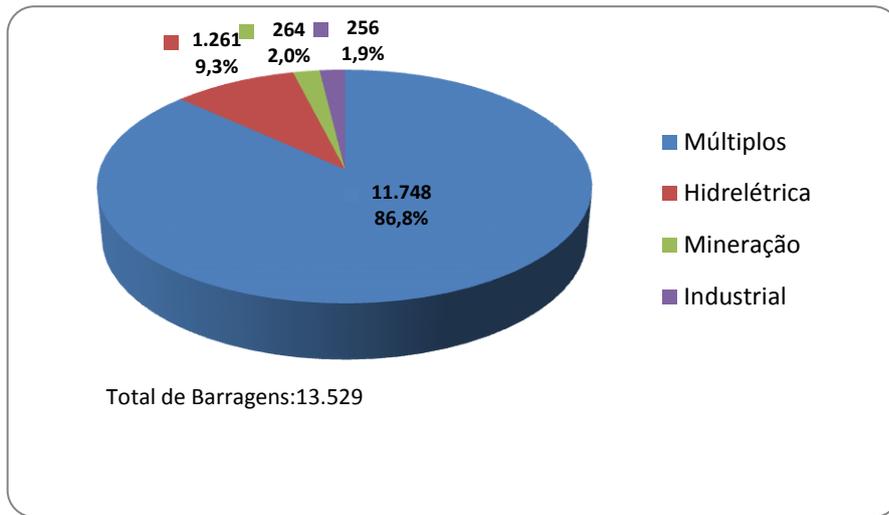




Figura 5 - Distribuição de Barragens por Finalidade (RSB, 2011)



## 2. SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO

20. A definição que identifica as barragens em um marco regulatório geralmente se baseia em dois aspectos: nas características físicas da barragem (altura) e do reservatório (volume) ou nos danos em caso de ruptura da barragem. Segundo a Comissão Internacional de Grandes Barragens (ICOLD), as regulamentações devem ser aplicadas a qualquer estrutura definida como uma grande barragem. A ICOLD define uma grande barragem como qualquer barragem com mais de 15 metros de altura (do nível mais profundo da fundação até o nível mais alto da crista), ou qualquer barragem com altura de 5 a 15 metros que tenha uma das seguintes características: comprimento da crista maior que 500 metros, volume do reservatório maior que 3 milhões de metros cúbicos, capacidade de descarga maior que 2 mil  $m^3/s$ , ou barragens com fundações pouco usuais.
21. Os critérios para barragens sujeitas à regulação em vários países do mundo são relacionados na Tabela 1. A maioria deles, salvo a Noruega, a Suécia, a Suíça e a Inglaterra, usam outros critérios além do tamanho da barragem apresentados na Tabela 1, como por exemplo, o dano potencial. Nota-se que há países que não exigem a regulação de barragens que podem ser consideradas pequenas, apesar de uma abordagem sistemática e científica revelar os impactos potenciais que uma onda de cheia pode causar com a ruptura de pequenas barragens.
22. Para boa parte das cerca de 13 mil barragens já localizadas no Brasil não se conhece as suas dimensões para comparação com os requisitos mínimos da Lei. É muito provável que haja neste conjunto numerosas pequenas barragens. Provavelmente existem muitos outros barramentos ainda não identificados. Para se conhecer de forma mais segura este conjunto de barragens é necessário um esforço de todas as entidades fiscalizadoras para complementação dos dados em seus cadastros.

Tabela 1 – Critérios para Identificar Barragens a Serem Reguladas em Vários Países (Segurança de Barragens na Argentina, Restelli, 2006)

País	Critérios para Aplicar a Legislação	
	Altura (A)	Volume (V)
África do Sul	$A > 5 \text{ m}$	$e (V) > 50.000 \text{ m}^3$
Alemanha	$A > 5 \text{ m}$	ou $V > 100.000 \text{ m}^3$
Áustria	$A > 15 \text{ m}$	ou $V > 500.000 \text{ m}^3$
Canadá	$A > 7,6 \text{ m}$	e $V > 61.670 \text{ m}^3$
Eslovênia	$A > 15 \text{ m}$ ou $A > 10 \text{ m}$	e $V > 1.000.000 \text{ m}^3$
Espanha	$A > 15 \text{ m}$ ou $A > 10 \text{ m}$	e $V > 1.000.000 \text{ m}^3$
Estados Unidos	$A > 7,6 \text{ m}$	e $V > 61.670 \text{ m}^3$
Finlândia	$A > 3 \text{ m}$	--
Itália	$A > 15 \text{ m}$	ou $V > 1.000.000 \text{ m}^3$
Noruega	$A > 4 \text{ m}$	ou $V > 500.000 \text{ m}^3$
Portugal	$A > 15 \text{ m}$	ou $V > 100.000 \text{ m}^3$
Inglaterra	--	$V > 25.000 \text{ m}^3$
Suécia	$A > 15$	ou $V > 500.000 \text{ m}^3$
Suíça	$A > 10 \text{ m}$ ou $A > 5 \text{ m}$	e $V > 50.000 \text{ m}^3$
Zimbábue	$A > 8 \text{ m}$	$A > 8 \text{ m}$
Brasil	$A > 15 \text{ m}$	ou $V = 3.000.000 \text{ m}^3$

23. Em relação às pequenas barragens, o objetivo de se buscar uma clareza na sua definição é devido à importância que o tema tem para a comunidade de segurança, pois a ruptura de uma pequena barragem pode ser tão fatal quanto à de uma grande. Na média, as pequenas rompem mais frequentemente do que as grandes. As características técnicas para definição de pequenas barragens têm diferentes parâmetros no mundo. Por exemplo, no Canadá as barragens são definidas como tendo um risco de segurança quando a altura é maior do que 2,5m e volume maior que 30 mil m<sup>3</sup> (embora neste caso difira do critério utilizado para regulação), na África do Sul quando tem altura superior a 5m e volume maior que 50 mil m<sup>3</sup>.

24. Segundo a ICOLD, pequenas barragens representam mais que 90% de todas as barragens. Em boletim recente (ICOLD Boletim nº 143), as pequenas barragens são definidas pelas seguintes características:

$$2,5 \text{ m} < A < 15 \text{ m e } A^2\sqrt{V} < 200, \text{ sendo:}$$

A = altura em metros entre o leito do rio e o nível máximo da crista

V= volume do reservatório em milhões de metros cúbicos no nível operacional máximo (ou seja, no nível máximo de armazenamento).

25. Nos parágrafos precedentes, foram apresentados os critérios para determinar as barragens sujeitas à regulação em diversos países de acordo com a respectiva legislação, mas esses critérios não são sistemas de classificação de barragens.

26. No Brasil, a PNSB exige que barragens sejam classificadas por categoria de risco, por dano potencial associado e pelo seu volume, com base em critérios gerais estabelecidos pelo CNRH. De acordo com a Lei nº 12.334/2010, a classificação por categoria de risco em alto, médio ou baixo será feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem. Além disso, a classificação por categoria de dano potencial associado à barragem em alto, médio ou baixo será feita em função do potencial de perdas de vidas humanas, de impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem, e do volume do reservatório (Art. 7).

27. Os seguintes requisitos contidos na PNSB dependem da categoria de risco e/ou de dano potencial associado da barragem:

- a. Um dos critérios para o enquadramento de uma barragem na Lei é que tenha um dano potencial associado médio ou alto em termos sociais, econômicos e ambientais ou de perda de vidas humanas (Art. 1º).
- b. A periodicidade, a qualificação da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento das inspeções de segurança regular e especial serão definidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem (Art. 9º).
- c. Nas fases de construção, operação e inclusive de desativação – devendo considerar as alterações das condições a montante e a jusante da barragem – a inspeção de segurança especial será elaborada, conforme orientação do órgão fiscalizador, por equipe multidisciplinar de especialistas, em

função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem (Arts. 9 °).

- d. Por ocasião da Revisão Periódica de Segurança de Barragem, a mesma deverá ser realizada com o objetivo de verificar o estado geral de segurança da barragem, considerando o atual estado da arte para os critérios de projeto, a atualização dos dados hidrológicos e as alterações das condições a montante e a jusante da barragem (Arts. 10 °). A periodicidade, a qualificação técnica da equipe responsável, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento da revisão periódica de segurança serão estabelecidos pelo órgão fiscalizador em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem (§ 1°).
  - e. O órgão fiscalizador poderá determinar a elaboração de PAE em função da categoria de risco e do dano potencial associado à barragem, devendo exigí-lo sempre para barragens classificadas como de dano potencial associado alto (Art. 11).
28. As barragens normalmente são classificadas em função de seu porte (dimensões das estruturas, capacidade do reservatório, capacidade de vazão de vertedouros e dispositivos de descarga). Também são classificadas de acordo com seu uso, principais características ou aspectos físicos (a forma da barragem ou o material de construção). O porte e os aspectos físicos oferecem pistas relativamente claras da onda de cheia que surgiria em caso de ruptura da barragem, no entanto, não levam a uma relação direta com as consequências de uma ruptura.
29. Os conceitos de dano e perda de vidas humanas, no caso da ruptura de uma barragem, são amplamente usados para a classificação de barragens em classes de dano potencial associado, normalmente em baixo, médio e alto. Os danos são determinados para a área inundada em função de um evento de cheia causada pela ruptura de uma barragem. Os parâmetros mais importantes para se determinar a cheia resultante de uma ruptura são o volume armazenado pela barragem, a profundidade da água no paramento a montante e o tempo de desenvolvimento da ruptura.
30. Deve-se classificar uma barragem de acordo com o risco efetivo de danos em função de uma liberação descontrolada de água (onda de cheia) causada por uma ruptura da barragem, considerando aos seguintes fatores:
- a. Ruptura devido a eventos extremos como cheias ou terremotos, características permanentes ou variáveis da barragem (altura, comprimento, tipo, fundação ou idade), condições efetivas da barragem (confiabilidade de seus componentes estruturais, infiltração, deformações ou estabilidade) e o programa de segurança da barragem (inspeções/monitoramento e/ou operação/manutenção).
  - b. Danos potenciais causados pela geração e propagação da onda de cheia (características da barragem e do vale); aqueles relacionados à ocupação do vale, onde a altura e a velocidade da onda de cheia poderão causar perda de vidas, perdas econômicas e danos ambientais.

c. Danos devido à eficiência do PAE e do programa de defesa civil, inclusive sistemas de alerta e planos de evacuação.

31. Os sistemas de classificação de barragens são usados principalmente para orientar os reguladores e fiscalizadores da segurança de barragens. As classificações são mais usadas na regulação da segurança de barragens para determinar a conformidade à legislação, critérios de fiscalização, às datas de revisão da segurança de barragens, à periodicidade das inspeções, à elaboração de PAEs e outras funções necessárias para garantir a manutenção de um nível adequado de segurança. O conceito fundamental é que a barragem tem que ser construída e mantida de modo que, no caso hipotético de uma ruptura, as perdas a jusante (principalmente de vidas humanas) não excedam níveis aceitáveis.
32. A intenção da classificação de barragens, em termos da segurança estrutural e operacional, é proteger a população (a segurança da população acima de tudo), o meio ambiente e a infraestrutura no caso de uma ruptura por falha ou por mau funcionamento. Por isso, é necessário discernir se um evento de falha de uma barragem pode, ou não, causar perdas incrementais.
33. Entende-se por perda incremental a diferença entre a projeção da perda de vida, infraestrutura e meio ambiente caso a barragem não fosse construída (situação sem barragem) e a mesma projeção em uma situação com barragem. Considerando-se que a perda de vida, infraestrutura e meio ambiente são consequências de uma falha ou mau funcionamento de uma barragem, o termo consequências incrementais será utilizado ao longo do restante deste relatório, ao invés de perdas incrementais.
34. Por exemplo, os níveis de jusante para muitas barragens relativamente pequenas, durante um evento extremo como a Cheia Máxima Provável (CMP) (*probable maximum flood* - PMF) podem ficar bem acima da crista. Nesse caso, o impacto de uma falha (se acontecesse) seria imperceptível. Por isso não se justifica modificar a barragem para resistir ao impacto da CMP, porque as mesmas perdas ocorreriam com ou sem uma ruptura. Para esses casos, avaliam-se cheias progressivamente mais frequentes para determinar a magnitude da cheia que causaria perdas incrementais inaceitáveis, a chamada Cheia Afluente de Projeto (CAP) (*inflow design flood – IDF*). Quanto maior o dano potencial de uma barragem, maior deve ser a CAP.
35. Por outro lado, uma barragem pode ser avaliada como sem risco em caso de cheia, mas representar um dano potencial inaceitável para a população em caso de uma ruptura causada por um evento aleatório, como por exemplo, um terremoto. Para reduzir as consequências, seria necessário modificar uma barragem para resistir à carga sísmica, e não já projetá-la para conter a CAP resultante. Por isso (quanto à segurança da barragem), recomenda-se enfaticamente identificar ambas as consequências, tanto a de uma falha resultante da CAP quanto a de um evento aleatório de cheia.

## **2.1. Classificação por dano potencial**

36. O dano potencial é definido como o potencial para a perda de vidas humanas e para danos a bens, no caso da ruptura de uma barragem. Em alguns casos, também são consideradas perdas ambientais, de serviços vitais ou causadas por algum tipo de desorganização social, mesmo sendo difíceis de quantificar. O dano potencial, porém, não é uma medida da integridade da barragem e nem da probabilidade de sua ruptura. Esta abordagem ressalta os danos a jusante e normalmente motivada por considerações quanto à

perda de vidas humanas. Seu ponto fraco é que às vezes agrupa barragens com dano potencial para poucas pessoas na mesma categoria com barragens com dano potencial para dezenas de milhares. Em certos lugares, são adotadas mais categorias de dano potencial, para corresponder melhor à relação constante entre dano potencial e magnitude da cheia de projeto.

37. Os impactos para uma determinada área a jusante da barragem podem ser tanto de uma cheia liberada pelos vertedouros e obras de descarga, quanto das águas liberadas por uma ruptura parcial ou completa da barragem. Consequências incrementais são associadas a uma falha do projeto em proporcionar um nível de segurança planejado adicionado a qualquer outro risco criado pelo projeto devido a uma falha da barragem. Ou seja, a diferença entre essas consequências associadas com o desempenho estimado do projeto com e sem ruptura, mau funcionamento do componente, ou um mau funcionamento da barragem. Pode haver impactos também para uma área a montante da barragem, em função de cheias com a água represada ou de deslizamentos no perímetro do reservatório.
38. A maioria dos países com leis federais e/ou estaduais de segurança de barragens adotaram sistemas de classificação dos danos potenciais. Esses sistemas reconhecem que uma ruptura ou mau funcionamento de qualquer barragem ou estrutura que armazena água ou outros líquidos ou misturas de sólidos com líquidos, seja qual for seu tamanho, coloca em perigo a vida e os bens a jusante. Cada vez que ocorre uma liberação descontrolada de água, lodo ou resíduos armazenados, sempre há a possibilidade – por mais imprevisível que seja – de haver uma pessoa no trajeto da descarga. No entanto, é impossível identificar cada situação plausível que poderia remotamente colocar uma pessoa na zona potencial de inundação, e por isso essas situações não podem ser a base para determinar a categoria adequada de classificação.
39. Esses sistemas consideram como improvável a perda de vida onde a presença de pessoas é apenas temporária, na área potencial de inundação. Com base na classificação quanto ao dano potencial associado da barragem, são selecionadas as condições que a barragem precisa ser capaz de resistir (como um terremoto ou inundação de projeto), para garantir que ela não seja um perigo inaceitável para a população ou o meio ambiente. Isso se estabelece ao determinar os efeitos incrementais que poderiam ocorrer se a barragem rompesse. Esses efeitos são medidos de acordo com (a) o risco incremental para a vida humana, (b) o dano incremental para o meio ambiente e (c) as perdas econômicas incrementais.
40. Para uma barragem, um sistema de classificação de dano potencial normalmente é selecionado usando uma abordagem por etapas com os três seguintes níveis: i) presuntivo, ii) de avaliação de dano incremental (estudos de ruptura de barragens) e iii) avaliação baseada no risco. Supõe-se que o profissional em segurança de barragens responsável pelo trabalho de classificação passará do método mais simples (o presuntivo) que usa dados existentes e inspeções de campo, até o mais complexo (avaliação baseada no risco) em uma sequência por fases. Não é uma exigência usar todos os três métodos na maioria dos casos, se bem que a classificação baseada no risco já está sendo usada como referência em alguns programas de segurança de barragem internacionalmente respeitados e vem ganhando muita força.
41. A classificação de qualquer barragem por dano potencial pode variar ao longo do tempo, como observado na Figura 6. Por exemplo, novas construções a jusante, a elevação de uma barragem para armazenar mais, a descoberta de uma espécie em perigo ou ameaçada (planta ou animal) ou mudanças no uso da terra a jusante podem justificar mudanças na classificação

do dano potencial da barragem. Em consequência, a classificação das barragens tem que ser periodicamente revista e atualizada, com relação à documentação da classificação em vigor. Os órgãos reguladores normalmente preveem em seus regulamentos a revisão das classificações de dano potencial, em sincronia com a periodicidade das inspeções.

42. A regulação de segurança de barragens varia de um país ou estado para outro, mas normalmente a classificação estipulada para um projeto como um todo corresponde à classificação mais alta atribuída a qualquer um dos componentes (por exemplo, vertedouro, dique lateral, usina hidrelétrica) desse projeto.
43. Os critérios para a classificação do dano potencial frequentemente são a base para determinar a cheia de projeto para as barragens. A perda de vidas humanas e os danos econômicos são usados para classificar uma barragem de dano potencial baixo, médio ou alto, sendo que a classificação alta muitas vezes implica a condição de a barragem suportar a passagem da CMP.
44. Muitos órgãos reguladores federais e estaduais de diversos países, além de entidades profissionais, desenvolveram seus próprios critérios para classificar os danos potenciais, com definições diferentes para a classificação em baixa, média ou alta, usando às vezes mais do que três classes. As diferenças nas definições podem levar a requisitos para cheia de projeto diferentes para barragens que representem ameaças semelhantes. Em certos casos, parece até que a classificação do dano potencial impõe requisitos para a segurança de barragens mais rigorosos do que os adotados em usinas nucleares ou na seleção de locais para instalações industriais com dano potencial.

Figura 6 – Vista aérea da Barragem Whittier Narrows em Los Angeles, Califórnia, mostrando como o desenvolvimento urbano expandiu a jusante da barragem



45. É preciso ter muito discernimento e uma sólida experiência em engenharia, ao classificar o dano potencial de uma barragem. No Brasil, as diretrizes do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabelecem critérios gerais para a classificação do dano potencial com base em várias preocupações, mas não abrangem todos os possíveis cenários e

critérios. Um profissional competente em segurança de barragens deve levar em conta qualquer situação diferenciada que surge em uma barragem específica, a partir de uma inspeção física da barragem e do canal a jusante. A classificação do dano potencial de um projeto depende da legislação e das regras e regulações da autoridade reguladora e pode variar significativamente de um órgão federal e/ou estadual para outro.

## 2.2. Abordagem Baseada no Risco

46. A gestão e as decisões baseadas no risco para a segurança de barragens é um processo que usa informações sobre o risco para auxiliar na tomada de decisões sobre uma ampla gama de atividades de segurança de barragens, abrangem, por exemplo, decisões sobre: (a) periodicidade das inspeções, (b) necessidade de mais instrumentação, (c) necessidade de mais estudos técnicos, (d) avaliação do impacto de incertezas sobre o nível do risco, (e) suficiência de provas para justificar a necessidade de ações de remediação, (f) seleção de uma ação de remediação para resolver uma deficiência identificada, (g) priorização de projetos e ações e (h) a sequência em que as ações de remediação serão adotadas em uma determinada barragem ou grupo de barragens.
47. Para aplicá-lo em segurança de barragens, risco é definido como a medida da probabilidade e da severidade de consequências adversas. O risco é computado para uma variedade de potenciais tipos de ruptura, normalmente considerando uma ruptura de barragem como uma liberação descontrolada do reservatório. O risco para um tipo particular de ruptura é definido como o produto da probabilidade de rompimento pelas consequências associadas, onde a probabilidade de rompimento é a probabilidade da carga (cheia ou evento sísmico) multiplicada pela resposta estrutural àquela carga.
48. Apesar de a abordagem baseada no risco, por definição, não ser um sistema formal de classificação de barragens, prioriza as barragens de acordo com seu risco. A abordagem pode ser útil para barragens individuais e para conjuntos de barragens, ou seja, portfólios de barragens, fazendo uma pontuação relativa do risco de cada uma. A abordagem baseada no risco é hoje uma prática padrão ou em vias de adoção na Austrália (regulações estaduais de segurança de barragens), Canadá (regulações provinciais de segurança de barragens), Reino Unido e alguns reguladores/empreendedores federais nos Estados Unidos como o USACE, o *Bureau of Reclamation* dos Estados Unidos (USBR) e a Comissão Federal Reguladora de Energia (FERC).
49. Outros países como a França, Portugal e Espanha já estão examinando esta abordagem para classificar suas barragens com base no risco (o produto da probabilidade de ruptura pelas consequências) e priorizar o financiamento na tomada de medidas para a redução de riscos (por modificações ou por grandes reparos). Esses países ainda usam os sistemas de classificação de dano potencial para identificar as barragens de acordo com os impactos de suas consequências, mas todas as decisões sobre a segurança de barragens são administradas e tomadas por meio da abordagem baseada em risco.
50. O risco total é a somatória dos riscos de todos os modos potenciais de ruptura identificados. O risco se expressa em termos de segurança de vidas humanas e consequências econômicas, em uma base anual. As unidades que medem o risco da segurança de barragens são a perda de vidas por vidas seguras, e os custos por ano, para danos à propriedade e perdas econômicas. A quantificação do risco deve ser feita por pessoas com experiência em várias disciplinas como a engenharia geotécnica, hidrológica, hidráulica, estrutural, mecânica e elétrica, a geologia da engenharia, a meteorologia, a sismicidade, a construção de

barragens, operações de projetos e outros campos relacionados, em função do modo de falha potencial que está sendo discutido, descrito e analisado na barragem específica em questão. Essas são as pessoas que podem dar informações sobre a probabilidade de uma determinada condição de carga (por ex., cheia ou evento sísmico), sobre o processo pelo qual ocorrem as rupturas (sequência de eventos e probabilidade de respostas do sistema para os vários modos de falha) ou sobre o modo de operação da barragem ou do reservatório.

51. Nos países onde se aplica essa abordagem pelo risco, as decisões tipicamente são tomadas por pessoas ou grupos com uma ampla gama de experiência técnica e administrativa na segurança de barragens e em operações de projetos. As informações qualitativas ou quantitativas sobre riscos para a segurança de barragens são consideradas em conjunto com outras informações específicas ao projeto. As decisões baseadas em riscos podem ser tomadas buscando eficiência no equilíbrio entre os custos da redução de riscos e a priorização dos maiores riscos.
52. Nos últimos 20 anos, o crescente interesse em usar a avaliação baseada no risco para a segurança de barragens trouxe também a busca por critérios de risco úteis na tomada de decisões. Geralmente, essa busca foca decisões sobre a aceitabilidade do risco associado a uma barragem existente, ou sobre a extensão de um trabalho de reparos para a segurança de uma barragem. Buscam-se critérios de limiar simplificados, mas estes implicam fixar um nível acima do qual o risco é considerado inaceitável e abaixo do qual o risco é avaliado como aceitável. Infelizmente, critérios tão simples assim dificilmente considerariam adequadamente as incertezas que inevitavelmente acompanham as estimativas de risco. Além disso, critérios limiares simplificados provavelmente deixariam de levar em consideração outros fatores que teriam que ser levados em conta para dotar de bases sólidas as decisões sobre segurança de barragens. Por isso, o valor prático está em usar um marco de avaliação do risco para captar os pareceres de profissionais que atuam na área de segurança de barragens, e em fornecer essa informação aos tomadores de decisão junto com informações de outras fontes.
53. Pode haver diferentes fatores externos que afetam as decisões sobre a segurança de barragens, como os requisitos da regulação, a percepção da população, os critérios de risco tolerável, problemas ambientais e o papel das partes interessadas, que incluem o regulador e fiscalizador, o empreendedor, a comunidade e grupos de interesse. A gestão da segurança de barragens combina a avaliação de riscos com a redução de riscos.
54. A avaliação do risco consiste na análise e na ponderação do risco. A análise do risco envolve a identificação (processo de identificar os potenciais modos de falha que levam ao risco) e a estimativa (processo de quantificar probabilidades e consequências para os modos de falha identificados) do risco. Já ponderação do risco é o processo de examinar e julgar a importância do risco, atividade que tipicamente envolve a consideração de critérios de risco tolerável, além de outros fatores relacionados como a comunicação do risco. Este último aspecto é extremamente importante para manter a população informada. A avaliação do risco, a gestão do risco e a comunicação do risco compõem os pilares de informação sobre o risco, tendo as diretrizes do risco tolerável como denominador comum.

55. No contexto da Política Nacional de Segurança de Barragens no Brasil (PNSB), o conceito de risco diverge do formalmente definido e encontrado na literatura<sup>1</sup>. Na PNSB é estabelecido que a classificação por categoria de risco, em alto, médio ou baixo, será feita em função das características técnicas, do estado de conservação do empreendimento e do atendimento ao Plano de Segurança da Barragem. A categoria de risco, tal como expressa na Lei nº 12.334/2010, informaria o grau de propensão de uma barragem a incidentes ou acidentes (maior ou menor probabilidade de ocorrência) e o dano potencial associado expressaria a magnitude de suas consequências.
56. Quando se usam a vulnerabilidade (da barragem e de suas estruturas associadas), as condições atuais e as informações resultantes das inspeções e do monitoramento das barragens, juntamente com o seu dano potencial associado, a classificação oferece uma medida melhor do nível do risco como definido formalmente na literatura. Conhecer o risco é a melhor ferramenta para priorizar as ações em um programa de segurança de barragens, oferecendo tanto aos empreendedores quanto aos reguladores uma compreensão melhor dos pontos fortes e fracos de suas barragens. Mesmo assim, sempre serão necessários os sistemas de classificação do dano potencial, para identificar e categorizar as barragens que, em qualquer condição, causarão danos catastróficos a jusante (inclusive a perda de vidas humanas) em comunidades, infraestrutura e áreas ambientalmente sensíveis. A Resolução ANA nº 91/2012 propõe uma matriz por meio da combinação da categoria de risco e do DPA a fim de produzir uma classificação de risco como definida na literatura.

---

<sup>1</sup> O conceito de risco mais difundido e aceito atualmente está formalizado em NBR ISO 31000:2009 (ABNT, 2009).

### 3. PRÁTICAS INTERNACIONAIS NA CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS

57. Muitos países com programas de segurança para barragens reguladas estabeleceram sistemas de classificação baseados de três a cinco categorias relacionadas às consequências da ruptura. O risco apresentado por uma barragem tem a ver tanto com as consequências como com a probabilidade de ocorrência da ruptura.
58. Mesmo variando de um país ou estado/província para outro, os sistemas de classificação de barragens geralmente são usados para determinar a periodicidade mínima de atividades de segurança de barragens, tais como, mas não somente, a fiscalização do local, inspeções regulares ou periódicas, monitoramento da instrumentação, ensaios de operação das obras de descarga, das comportas de vertedouros e de outros componentes mecânicos, a exigência e elaboração de PAEs e critérios para a vazão de projeto.
59. Os próximos parágrafos apresentam um panorama dos sistemas de classificação de barragens desenvolvidos em vários países. A maioria desses sistemas se baseia no dano potencial das consequências associadas a uma ruptura da barragem e à inundação subsequente das áreas a jusante.

#### 3.1. Argentina

60. O Organismo Regulador da Segurança de Barragens (ORSEP) foi criado pelo Decreto Nº 239 do Poder Executivo Nacional em 1999. O ORSEP tem a missão básica de garantir que as barragens sob sua jurisdição atendam às normas mais estritas de segurança para proteger a população e o patrimônio nacional. Como parte das diretrizes sobre segurança de barragens, o ORSEP também foi designado para elaborar um sistema de classificação de barragens na Argentina.
61. A finalidade dessa classificação é orientar o padrão de cuidados que devem ser aplicados ao manejo da segurança de barragens existentes, em função das consequências potenciais da eventual ruptura. Foi proposto, portanto, categorizar as barragens e diferenciá-las em termos dos danos causadas por uma liberação descontrolada de água do reservatório, com o objetivo de estabelecer níveis e procedimentos pertinentes de segurança. A classificação de barragens proposta na Argentina foi adotada de acordo com experiências e normas internacionais. Não é para ser interpretada, porém, como norma, mas apenas como uma ferramenta para ajudar as autoridades responsáveis pela classificação de uma barragem.
62. O sistema de classificação implantado na Argentina se baseia nas consequências incrementais que seriam produzidas pela ruptura potencial de uma barragem (acidente ou colapso). Como relatado anteriormente, as consequências incrementais são os danos ou perdas além dos que teriam resultado do mesmo evento hidrológico observado no local se a barragem não tivesse rompido. As consequências incrementais se dividem em perdas de vidas humanas, danos socioambientais e perdas econômicas. Essas consequências correspondem aos cenários de ruptura mais desfavoráveis entre os seguintes: ruptura em dia de sol ou ruptura por um evento excepcional ou de cheia extrema. A Tabela 2 apresenta o sistema de classificação elaborado pelo ORSEP.

**Tabela 2 – Classificação de Barragens**  
(Diretrizes de Segurança de Barragens, ORSEP, Argentina, 2011)

Categoria		Consequências Incrementais		
Designação	Nível de Consequências	Perda de Vidas	Danos Socioambientais	Danos Econômicos
I	Alto	Sim	Altos	Altos
II	Significativo	Não	Significativos	Significativos
III	Baixo	Não	Baixos	Baixos

	Categoria		
	I Nível de Consequências Alto	II Nível de Consequências Significativo	III Nível de Consequências Baixo
<b>Perda de Vidas</b>	Possível perda de vidas. População em risco em zonas próximas à barragem, e/ou em zonas habitadas distantes da barragem onde, mesmo com alerta imediata, a perda de vidas é possível.	Não se espera perda de vidas. População em risco em áreas distantes da barragem onde é possível fazer alertas com antecipação suficiente para haver uma evacuação. População em risco limitada a áreas rurais e/ou pequenos centros urbanos com menos que 2.000 habitantes.	Não se espera perda de vidas. Sem população em risco, e portanto sem possibilidade de perda de vidas, a não ser por eventos imprevisíveis.
<b>Danos Socioambientais</b>	Impactos para ativos ambientais importantes. Danos ambientais não recuperáveis ou recuperáveis apenas em longo prazo. Impacto na vida e na saúde humana. Perda ou degradação de habitats importantes para animais e vegetação. Impactos na produção, armazenamento ou transporte de materiais de dano potencial que podem impactar o ambiente e a população.	Danos ambientais importantes mas recuperáveis a longo prazo. Perda apenas marginal de habitats de animais e vegetação. Sem impacto na produção, armazenamento ou transporte de materiais de dano potencial que possam afetar o ambiente e a população.	Perdas mínimas em curto prazo, sem perdas a longo prazo.
<b>Danos Econômicos</b>	Grandes perdas econômicas. Impactos em serviços públicos e privados. Danos à infraestrutura, habitações, indústrias e comércio.	Perda de infraestrutura e de serviços menores, com impacto em um número limitado de usuários. Perda de áreas de recreação. Perda de locais onde há oferta de trabalhos ocasionais.	Perdas econômicas menores, geralmente dentro da propriedade do empreendedor da barragem. Área atingida consiste de infraestrutura com serviços limitados.

63. A categoria deve ser determinada em função das consequências incrementais mais severas, seja de perda de vidas, danos socioambientais ou perdas econômicas. Para classificar uma barragem como categoria II ou III é preciso verificar que os três tipos de consequências incrementais não excedem o critério fixado para a respectiva categoria. Se apenas um dos parâmetros dos critérios for excedido, a barragem será classificada na categoria correspondente a esses critérios. Por exemplo, se for determinado que a ruptura de uma barragem produziria danos econômicos altos, a barragem será classificada como categoria I.

64. Basta verificar que apenas uma das consequências incrementais cumpre com o critério fixado para a categoria I para classificar a barragem nessa categoria. Por exemplo, se for

determinado que a ruptura de uma barragem possa causar perdas de vidas, a barragem será classificada como categoria I, sem ter que realizar uma avaliação de danos socioambientais ou econômicos. Em casos onde houver duas ou mais barragens no mesmo rio (em cascata), se a barragem a montante for capaz de causar a ruptura da barragem a jusante, sua classificação será pelo menos tão alta quanto a da barragem a jusante.

65. Há considerações conceituais para a estimativa de consequências incrementais. Os seguintes critérios e conceitos gerais devem ser levados em conta na avaliação dos diferentes tipos de danos contemplados na classificação apresentada na Tabela 2.
- a. Os danos devem ser avaliados para as áreas no vale a jusante da barragem que serão atingidas pela onda de cheia e também para as áreas a montante atingidas pelo esvaziamento do reservatório.
  - b. As análises feitas para a avaliação das consequências devem incluir a caracterização da ruptura da barragem, a propagação da onda de cheia, a elaboração de mapas de inundação e a avaliação de impactos.
  - c. Em geral é melhor elaborar uma análise preliminar usando procedimentos simples e conservadores para obter uma primeira aproximação do nível de consequências. As análises devem ser mais complexas e precisas se mais detalhes forem necessários para confirmar a classificação. Esta abordagem evita fazer estudos muito caros e detalhados para classificar pequenas barragens ou estruturas com consequências obviamente baixas.
  - d. Independentemente da confiabilidade e precisão da metodologia empregada para avaliar as consequências, o que deve prevalecer na decisão é o discernimento equilibrado de engenheiros.

### 3.2. Espanha

66. A Regulamentação Técnica sobre a Segurança de Barragens e Reservatórios na Espanha foi assinada no dia 12 de março de 1996, pelo Ministério de Obras Públicas, Transportes e Meio Ambiente. Segundo o regulamento, as barragens e reservatórios na Espanha são classificados em três categorias, apresentadas na Tabela 3, em função dos danos potenciais que podem ser causados por ruptura ou mau funcionamento. Os critérios básicos para essa classificação são descritos a seguir:
- a. É necessária uma avaliação das perdas e/ou danos potenciais que atingem terceiros em função de uma ruptura de barragem, para poder classificá-la.
  - b. O critério básico para determinar a categoria será identificar os danos em termos de seus impactos sobre: (i) centros urbanos ou o número de domicílios habitados isolados; (ii) serviços vitais para o desenrolar das atividades normais da população; (iii) indústrias, imóveis, infraestrutura e agricultura; e (iv) aspectos ambientais, históricos e culturais.
  - c. A gravidade do impacto se avalia de acordo com os parâmetros hidráulicos da onda de cheia originada (basicamente, velocidade e altura).

- d. Diferentes cenários para os modos de ruptura potenciais são considerados, e os danos potenciais causados pelas rupturas são identificados caso a caso. A classificação considerada é aquela do cenário mais desfavorável. Os seguintes eventos de carga devem ser considerados como um mínimo: (i) reservatório normal e (ii) reservatório extremo (CMP).
- e. O efeito de uma barragem situada a montante da que está sendo classificada não será um fator para fins de classificação da barragem.
- f. Fixa-se o limite para os estudos a jusante quando a vazão máxima é menor do que a capacidade do rio sem produzir danos, ou quando as consequências potenciais não provocam uma mudança de categoria.

Tabela 3 – Sistema de Classificação de Barragens

(Guía Técnica: Clasificación de presas en función del riesgo potencial, Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, Espanha, 1996)

Categoria	Descrição do Dano Potencial Associado
A	Ruptura ou funcionamento incorreto pode afetar gravemente centros urbanos ou serviços essenciais, ou produzir danos materiais ou ambientais muito importantes.
B	Ruptura ou funcionamento incorreto pode produzir danos materiais ou ambientais importantes, ou afetar um número reduzido de residências.
C	Ruptura ou funcionamento incorreto pode produzir danos materiais moderados e apenas perdas fortuitas de vidas. Em todo caso, todas as barragens não incluídas nas Categorias A e B.

Os critérios gerais de classificação são os seguintes:

1. Categoria C – Pode produzir apenas perdas fortuitas de vidas. Não pode impactar residência alguma, a não ser, e minimamente, algum serviço não essencial.
2. Categoria B – Pode afetar um número menor de residências do que o mínimo que se considera um impacto grave em um centro urbano, ou um número equivalente de vidas humanas, ou produzir relevantes danos econômicos ou ambientais. Pode afetar minimamente quaisquer dos serviços essenciais da comunidade.
3. Categoria A – Excede a categoria anterior ao impactar gravemente pelo menos um centro urbano ou um número equivalente de domicílios que podem expor a risco um número de vidas humanas equivalente à população que ocupa o número de domicílios considerado como o limite máximo para a Categoria B, ou ao afetar gravemente qualquer serviço essencial da comunidade ou produzir danos econômicos ou ambientais muito importantes.

### 3.3. Nova Zelândia

67. Antes da entrada em vigor dos Regulamentos de Edificação (Segurança de Barragens), as Diretrizes de Segurança de Barragens da Nova Zelândia de 2000 já orientavam a classificação baseada em impacto potencial. Para entender a classificação, são definidos os termos técnicos: *impacto potencial* e *dano potencial*. Impacto potencial se relaciona com as consequências (efeitos) da ruptura de uma barragem caso libere o conteúdo armazenado. Se

uma barragem for avaliada como tendo um impacto potencial alto, não significa que ela seja insegura. De fato, uma barragem com impacto potencial alto deveria contar com um nível de segurança maior do que outras. O dano potencial descreve uma fonte de danos potenciais ou uma situação com um potencial para causar perdas. Fatores como terremotos, inundações e eventuais deficiências na barragem ou em suas fundações, que podem levar a barragem a um comportamento inseguro, podem ser considerados danos potenciais. Um comportamento inseguro pode induzir a realização do impacto potencial.

68. A Tabela 4 apresenta as categorias de impacto potencial. Essas categorias se baseiam nas consequências incrementais que uma ruptura pode induzir. Consequências incrementais são as perdas adicionais que poderiam ter ocorrido pelo mesmo evento natural se a barragem não tivesse rompido. As consequências (perdas de vida e econômicas) com a pontuação maior determinam a categoria de impacto potencial da barragem. As classificações de impacto potencial adotadas para essas diretrizes não podem ser prescritivas e serão matéria para a deliberação dos órgãos reguladores e empreendedores.

Tabela 4 – Categorias de Impactos Potenciais das Consequências de Falhas de Barragens (New Zealand Dam Safety Guidelines, The New Zealand Society on Large Dams, 2000)

Categoria de Impacto Potencial	Consequências Incrementais Potenciais de Ruptura	
	Vidas	Socioeconômicas, Financeiras e Ambientais
Alto	Óbitos	Danos catastróficos
Médio	Possibilidade de poucos óbitos	Danos importantes
Baixo	Não se espera óbito	Danos moderados
Muito Baixo	Sem óbitos	Danos mínimos fora da propriedade do empreendedor

69. Os regulamentos de Edificação (Segurança de Barragens) da Nova Zelândia foram promulgados em 2008. Com base nelas, uma barragem é classificada por meio dos seguintes passos, com referência à Tabela 5 e à Tabela 6.

- Identificar o impacto que teria uma liberação descontrolada do reservatório cheio pela ruptura da barragem, sobre cada uma das categorias especificadas.
- Com a Tabela 5, determinar o nível de dano conforme as categorias especificadas - catastrófico, grande, moderado ou mínimo -, e então selecionar o nível mais alto de dano.
- Estimar a população em risco.
- Com a Tabela 6, determinar a classificação da barragem, correlacionando o nível de dano avaliado com a estimativa da população em risco.

**Tabela 5 – Determinação do Nível Avaliado de Danos**  
(*New Zealand Building (Dam Safety) Regulations, 2008*)

Nível de Dano	Categorias Especificadas				
	Domicílios Residenciais <sup>(1)</sup>	Dano Severo ou Crítico à Infraestrutura <sup>(2)</sup>	Tempo para Restaurar Operações <sup>(3)</sup>	Ambiente Natural	Tempo de Recuperação da Comunidade
Catastrófico	Mais de 50 casas destruídas	Destruição extensa e generalizada e danos a vários componentes importantes da infraestrutura	Mais de 1 ano	Destruição extensa e generalizada	Muitos anos
Grande	4 a 49 casas destruídas e muitas casas danificadas	Destruição extensa e danos a mais do que 1 componente importante da infraestrutura	Até 12 meses	Danos pesados e restauração cara	Anos
Moderado	1 a 3 casas destruídas e algumas danificadas	Danos significativos a pelo menos 1 componente importante da infraestrutura	Até 3 meses	Danos significativos, porém restauráveis	Meses
Mínimo	Danos menores	Danos menores a componentes importantes da infraestrutura	Até 1 semana	Danos em curto prazo	Dias ou até semanas

Notas:

(1) No caso de casas residenciais, “destruídas” significa tornadas inabitáveis.

(2) Inclui:

- a. serviços vitais [rede elétrica, abastecimento de água, abastecimento de gás, sistemas de transporte, tratamento de esgoto, telecomunicações (alimentação e nós de redes, mas não as conexões locais)];
- b. instalações de emergência (hospitais, polícia, bombeiros);
- c. grandes instalações industriais, comerciais ou comunitárias, cuja perda teria um impacto significativo na comunidade; e
- d. a própria barragem, quando o serviço prestado por ela é vital para a comunidade e não há alternativa para a prestação do serviço.

(3) O tempo estimado necessário para reparar os danos o suficiente para a infraestrutura vital ou de grande porte voltar às operações normais.

Tabela 6 – Determinação da Classificação de Barragens  
(New Zealand Building -Dam Safety Regulations, 2008)

Nível de Dano Avaliado	População em Risco (PeR)			
	0	1 a 10	11 a 100	Mais que 100
Catastrófico	Impacto Potencial Alto	Alto	Alto	Alto
Grande	Impacto Potencial Médio	Médio/Alto (ver nota 4)	Alto	Alto
Moderado	Impacto Potencial Baixo	Baixo/Médio/Alto (ver notas 3 e 4)	Médio/Alto (ver nota 4)	Médio/Alto (ver notas 2 e 4)
Mínimo	Impacto Potencial Baixo	Baixo/Médio/Alto (ver notas 1, 3 e 4)	Baixo/Médio/Alto (ver notas 1, 3 e 4)	Baixo/Médio/Alto (ver notas 1, 3 e 4)

Notas:

- (1) Com uma PeR de 5 pessoas ou mais, é improvável que o impacto potencial seja baixo.
- (2) Com uma PeR maior do que 100 pessoas, é improvável que o impacto potencial seja médio.
- (3) Utilize uma classificação média se for muito provável que uma vida seja perdida.
- (4) Utilize uma classificação alta, se for muito provável que 2 ou mais vidas sejam perdidas.

### 3.4. África do Sul

70. A classificação de barragens na África do Sul se baseia no risco à segurança. O procedimento segue a maneira descrita nas três partes da Tabela 7. Cada barragem com risco à segurança deve ser classificada de acordo com esse regulamento em função de seu tamanho e o potencial de dano, para determinar o nível de controle aplicável à segurança da estrutura, nos termos das regulações. A classificação por tamanho de uma barragem com risco à segurança se baseia na altura máxima da face, conforme a Tabela 7a.

Tabela 7 – Tabelas para a Classificação de Barragens com Risco à Segurança  
(Regulations Regarding the Safety of Dams in Terms of Section 123(1) of the National Water Act, Republic of South Africa, 1998)

Tabela 7a – Classificação por Tamanho

Classe de Tamanho	Altura Máxima da Face (m)
Pequena	Menor que 12 m
Média	De 12 m até 30 m
Grande	Maior que 30 m

Tabela 7b – Classificação do Dano Potencial Associado

Classe de dano potencial	Potencial para perda de vidas	Potencial de perdas econômicas	Impacto potencial adverso sobre a qualidade dos recursos ambientais
Baixo	Nenhum	Mínimo	Baixo
Significativo	Não maior do que 10	Significativo	Significativo
Alto	Maior do que 10	Grande	Severo

Tabela 7c – Classificação por categoria de barragens com risco à segurança

Classe de Tamanho	Classificação do Dano Potencial		
	Baixa	Significativa	Alta
Pequena	Categoria I	Categoria II	Categoria II
Média	Categoria II	Categoria II	Categoria III
Grande	Categoria III	Categoria III	Categoria III

71. A classificação por dano potencial de uma barragem com risco à segurança deve ser feita em conformidade com a Tabela 7b e de acordo com os seguintes parâmetros:
- Quando for avaliado o impacto potencial adverso sobre a qualidade ambiental de um recurso, causado pela ruptura de uma barragem, devem ser levados em conta a qualidade da água armazenada no reservatório e o volume estimado de sedimentos e de água que podem ser liberados do reservatório.
  - Se a água armazenada no reservatório estiver poluída ou contiver substâncias perigosas, o impacto potencial adverso sobre a qualidade do ambiente de um recurso deve ser tratado como significativo ou severo, respectivamente.
  - A classificação do dano potencial como Alto, conforme a Tabela 7b, é determinada levando em consideração, separadamente, o potencial para perda de vidas, o potencial de perdas econômicas e o impacto potencial adverso sobre a qualidade ambiental de recursos a jusante da barragem.

72. O Diretor-Geral ou um representante do departamento designado por ele deve realizar a classificação por tamanho e dano potencial de cada barragem com risco à segurança, e notificar o empreendedor da barragem sobre a classificação por categoria, conforme a Tabela 7c. O Diretor-Geral ou o representante designado poderá, de tempos em tempos, ou quando surgirem novas informações, revisar a classificação de qualquer barragem com risco à segurança, e deve notificar o empreendedor da barragem em questão, por escrito, de qualquer alteração na classificação.

### 3.5. Austrália

73. Não existem normas nacionais para a segurança de barragens na Austrália. De modo semelhante ao Canadá, os regulamentos formais vigentes para a segurança de barragens são formulados e administrados nos estados, que promulgam regulamentações específicas de acordo com as necessidades de cada um. Isto implica em algumas diferenças entre as leis estaduais mas, de forma geral, todas as regulamentações estaduais seguem as diretrizes

essenciais publicadas pelo Comitê Nacional Australiano sobre Grandes Barragens (ANCOLD) em 1994.

74. As diretrizes do ANCOLD se aplicam ao que chamam de barragens de referência, ou seja, com pelo menos 10 metros de altura e que tenham capacidade de armazenamento de pelo menos 20.000 metros cúbicos, ou que tenham mais do que 5 metros com capacidade mínima de 50.000 metros cúbicos. As diretrizes também estipulam que a legislação deve incluir critérios para a classificação das barragens. Uma das sugestões importantes do ANCOLD em suas diretrizes é que o escopo do programa de segurança de barragens deve ser baseado no tamanho da barragem e sua capacidade de armazenamento, categoria de dano potencial associado, nível de risco e valor da barragem para o empreendedor.

### 3.5.1 Nova Gales do Sul

75. O Comitê de Segurança de Barragens (DSC) do estado de Nova Gales do Sul (NSW) possui competência legal pela Lei de Segurança de Barragens de 1978 e pela Lei de Mineração de 1992 para garantir que todas as barragens enquadradas (aquelas que correspondem aos critérios que as sujeitam à regulação) não ofereçam um perigo inaceitável à vida ou aos bens e não tenham impactos adversos ao bem estar da população.

Com base nas diretrizes do DSC estadual, a meta é que todas as barragens em NSW sejam classificadas adequada e coerentemente com relação às categorias de consequências de ruptura. Assim, o DSC pode determinar o nível de enquadramento e o nível de gestão de segurança para cada barragem. Outra meta é que a informação sobre as consequências de uma ruptura de uma barragem possa embasar o nível de segurança em função da abordagem de gestão do risco. Este processo está em implantação pelos empreendedores de barragens enquadradas em *New South Wales* em acordo com o Governo.

76. O DSC reconhece dois tipos de ruptura de barragens para determinar sua categoria de consequências: (a) falhas que ocorrem sem inundação natural, ou categoria de consequências “dia de sol”; e (b) falhas que ocorrem junto com uma inundação natural, ou categoria “inundação”. O DSC propôs um sistema de classificação de consequências em dois tipos: Tipo 1 - havendo estatísticas disponíveis sobre prováveis perdas de vida (PPV), a categoria de consequência se baseia em PPV, conforme a Tabela 8. Tipo 2 - não havendo estimativas de PPV, o empreendedor pode estimar as consequências pela população em risco (PeR), conforme a Tabela 9. A Tabela 8, porém, prevalece e se sobrepõe a qualquer classificação baseada na Tabela 9.

Tabela 8 - Categorias de Consequências para Barragens  
(New South Wales Dams Safety Committee, 2010)

CATEGORIAS DE CONSEQUÊNCIAS BASEADAS EM PROVÁVEIS PERDAS DE VIDA [PPV]

Prováveis Perdas de Vida (PPV) <sub>(4)</sub>	Gravidade das Perdas e Danos			
	Desprezível	Menor	Médio	Grande
<0,1	Muito Baixa	Muito Baixa	Baixa	Significativa
<1	Alta C	Alta C	Alta C	Alta B
1 a 10	(1)	Alta B <sub>(2)</sub>	Alta B	Alta A
10 a 100			Alta A <sub>(3)</sub>	Alta A
>100				Extrema

Notas:

- (1) Com um PPV de mais do que 1 pessoa não itinerante, é pouco provável que a severidade do dano e das perdas seja “Desprezível.”
- (2) Danos “menores” e perdas improváveis quando o PPV excede 5 pessoas não itinerantes.
- (3) Danos “menores” e perdas improváveis quando o PPV excede 50.
- (4) O PPV se estima pelos métodos de Graham, WJ, 1999, “A Procedure for Estimating Loss of Life Caused by Dam Failure”, DSO-99-06, US Department of the Interior, Denver, Colorado ou por outro método reconhecido e aprovado pelo DSC. Devido aos métodos de computação usados para estimar o PPV, é possível chegar a um PPV nacional, menor do que 1,0 ou um PPV maior do que 1,0 que não é um número inteiro. Em um cenário específico de ruptura de barragem (que tem sua própria probabilidade), um PPV menor do que 1,0 seria interpretado como a probabilidade de perda de uma vida. Assim, um PPV de 0,1 seria interpretado como a probabilidade de 1 em 10 que uma vida seria perdida, para um cenário dado de ruptura. Um PPV maior do que 1,0 deve ser arredondado para o número inteiro mais próximo.

Tabela 9 - Categorias de Consequências para Barragens  
(New South Wales Dams Safety Committee, 2010)

CATEGORIAS DE CONSEQUÊNCIAS BASEADAS NA POPULAÇÃO EM RISCO (PeR)

Adaptadas das Diretrizes da ANCOLD para a avaliação das consequências da ruptura de uma barragem

População em Risco (PeR) (7)	Gravidade das Perdas e Danos			
	Desprezível	Menor	Médio	Grande
<1	Muito Baixa	Muito Baixa	Baixa	Significativa
1 a 10	Baixa (1, 4 e 5)	Baixa (4 e 5)	Significativa (5)	Alta C (6)
10 a 100	(1)	Significativa (2 e 5)	Alta C (6)	Alta B (6)
100 a 1000		(2)	Alta A (6)	Alta A (6)
>1000			(3)	Extrema

Notas:

- (1) Com uma PeR de 5 pessoas ou mais, é pouco provável que a severidade das perdas e danos sejam “desprezíveis”.
  - (2) Danos e perdas “menores” são improváveis quando a PeR for maior que 10.
  - (3) Danos e perdas “médios” são improváveis quando a PeR for maior que 1.000.
  - (4) Mudar para “significativo” onde a perda de vidas de itinerantes for razoavelmente provável, em caso de ruptura da barragem.
  - (5) Mudar para pelo menos “Alta C” onde a perda de vidas não itinerantes parece razoavelmente provável, em caso de ruptura da barragem.
  - (6) Veja nas Seções 2,7 e 1,6 do documento do ANCOLD: “Diretrizes sobre a Avaliação e as Consequências da Ruptura de Barragens” a explicação pela variação entre Categorias de Consequências Altas.
  - (7) A PeR deve ser a PeR total, ocupando toda a zona atingida pela ruptura (inclusive a área atingida por inundação natural, antes da ruptura), imediatamente antes do início da inundação. A contribuição da PeR dos não-itinerantes (ou seja, moradores permanentes de domicílios, escolas, hospitais, locais comerciais e industriais e outros recintos de ocupação permanente) será a maior população total exposta de uma vez e regularmente. Para contemplar a exposição variável de itinerantes, a contribuição da PeR dessas populações será computada na base de fatores de exposição. Onde fatores baixos de exposição são aplicados a poucos itinerantes, é possível obter uma PeR nocial, menor do que 1,0.
- (As notas 1, 2, 3 e 6 são semelhantes às diretrizes ANCOLD, mas as notas 4 e 5 foram modificadas, a nota 7 é nova.)

77. O DSC atribui categorias de consequências a uma barragem em função da gravidade e da magnitude das consequências adversas que atingem os interesses da comunidade, inclusive os efeitos ambientais esperados da ruptura dessa barragem. Ao atribuir as categorias, não se leva em conta a probabilidade de ruptura da barragem. Por isso, uma barragem que cumpre com as normas mais estritas de segurança e que, por isso, tem pouquíssima possibilidade de romper, pode entrar em uma categoria de consequências alta. Além disso, note-se que as categorias de consequências podem variar ao longo do tempo para uma mesma barragem, por conta de mudanças no desenvolvimento a jusante ou de modificações na barragem.

### 3.5.2. Queensland

78. As Diretrizes para a Gestão da Segurança de Barragens em Queensland, de 2002, foram elaboradas especificamente para barragens reguladas, se bem que podem ser usadas por empreendedores de outras barragens também, para elaborarem seus programas de gestão de segurança.

79. Uma barragem é regulada dependendo das seguintes condições, constantes na Lei da Água, de 2000: (a) há necessidade de fazer uma avaliação de impacto de ruptura; (b) essa avaliação afirma que a barragem tem ou ganhará uma classificação de impacto de ruptura na categoria 1 ou categoria 2, e (c) o executivo chefe aceita a avaliação. Há 300 barragens reguladas em Queensland.

80. Uma declaração de impacto de ruptura é uma medida da PeR em caso de ruptura, e é necessária quando uma barragem tem ou terá as seguintes dimensões: (a) mais de 8 metros de altura e uma capacidade de armazenamento maior que 500.000 m<sup>3</sup> ou (b) mais de 8 metros de altura, uma capacidade de armazenamento maior que 250.000 m<sup>3</sup> e uma área de captação três vezes superior ao nível máximo operacional. Além disso, o executivo chefe pode exigir do empreendedor uma avaliação do impacto de ruptura da barragem (de qualquer tamanho), se tiver razões para acreditar que a barragem terá uma classificação de categoria 1 ou 2 pelo impacto de ruptura.
81. As barragens reguladas são classificadas de acordo com as seguintes categorias, baseadas na População em Risco em caso de ruptura da barragem:

Categoria/Classificação do Impacto de uma Ruptura	Consequências Baseadas na PeR
1	Entre 2 e 100
2	Mais que 100

82. Uma avaliação de impacto pode ser realizada pelo método simplificado, ou por outro método nominado de “abrangente”. Usa-se a avaliação simplificada quando a vazão da água passa por canais claramente definidos e há poucas dúvidas quanto ao tamanho da PeR. Em situações onde a ruptura não atinge uma população e tem consequências econômicas apenas para o empreendedor, pode-se argumentar pela avaliação mínima, simplificada. Em contraste, é preciso realizar uma avaliação “abrangente” onde houver potencial de danos com custos substanciais e probabilidade de um impacto significativo sobre terceiros. Os empreendedores de barragens devem revisar periodicamente a avaliação de consequências, para monitorar qualquer mudança nas circunstâncias, como algum desenvolvimento a jusante que possa transformar uma barragem não regulada em barragem regulada, com repercussão para os requisitos de normas de projeto.

### 3.6. Canadá

83. O Canadá se assemelha à Austrália, sendo a gestão de recursos hídricos uma competência de suas províncias. Na falta de uma legislação provincial específica sobre a segurança de barragens, a conformidade com as diretrizes sobre a segurança de barragens emitidas pela Associação Canadense de Barragens (CDA) em 1999 é usada como evidência da adoção de boas práticas. As províncias de British Columbia, Alberta e Québec já promulgaram regulamentos de segurança de barragens. Apesar de diferenças específicas entre as províncias, a intenção geral fica alinhada com os princípios orientadores da CDA, como no caso do ANCOLD e os estados na Austrália. Newfoundland, Nova Escócia, New Brunswick, Manitoba, Saskatchewan e Yukon são as províncias que não regulamentaram a segurança de barragens, mas elas, na prática, orientam os consultores e empreendedores de barragens a adotarem as diretrizes da CDA.
84. A província de Ontario, que hoje está elaborando suas próprias diretrizes de segurança de barragens com a orientação geral da CDA, trata especificamente do risco à vida humana e dos riscos econômicos e sociais. Na maioria das províncias do Canadá, a prática da segurança de barragens não é movida por regulamentações ou leis específicas, e sim motivada pelo senso de proteção e de responsabilidade do empreendedor, ao reconhecer as responsabilidades administrativas, civis e penais potenciais relacionadas a muitas barragens.

85. As diretrizes da CDA sugerem que a responsabilidade por todos os aspectos da segurança de barragens devem ser claramente definidos, e a delegação de competências documentada. A CDA também sugere classificar as barragens em função das consequências de sua ruptura, as características físicas da barragem e a probabilidade percebida de sua ruptura. Esta classificação deve ser a base para determinar o nível de atividade da fiscalização.

### 3.6.1. British Columbia

86. Em fevereiro de 2000, a Regulação de Segurança de Barragens de British Columbia (BC. Reg.44/2000) foi promulgada sob a Lei das Águas de BC. Uma ementa à Regulação de Segurança de Barragens em BC, ocorrida em 2011 (B.C.Reg. 163/2011), prevê que as barragens sejam classificadas de acordo com a Tabela 10. As seguintes definições se aplicam à classificação:

- a. Categoria, com relação às consequências de uma falha, combina perda de vidas, valores ambientais e culturais, infraestrutura e interesses econômicos.
- b. Consequências de uma ruptura são as perdas ou danos causados pela ruptura de uma barragem e surgem dos impactos sobre a barragem, ou a montante ou a jusante da barragem.
- c. Ruptura, com relação a barragens, é o colapso parcial ou completo da barragem e a liberação descontrolada de toda ou parte da água armazenada pela barragem, induzida por uma inundação ou por outra causa.
- d. Ruptura induzida por inundação significa uma ruptura de barragem causada por uma inundação natural de magnitude maior que a magnitude que a barragem consegue extravasar no momento da ruptura.
- e. Ruptura não induzida por inundação é a ruptura de barragem que ocorre durante sua operação normal, causada por condições como erosão interna ou tubular, terremoto ou um erro na operação que leva ao galgamento.

87. A classificação das consequências da ruptura de barragem segue a Tabela 10, obedecendo aos seguintes passos:

- a. Para cada categoria de consequências de ruptura na tabela, identificar as perdas e os danos especificados que melhor descrevem as perdas e danos que são as piores consequências potenciais de uma ruptura da barragem.
- b. Identificar a classificação especificada na tabela para as perdas ou danos referidos no parágrafo (a), para cada categoria.
- c. A classificação identificada pelo parágrafo (b), com as piores consequências potenciais, é a classificação da barragem.

88. As Diretrizes da CDA publicadas em 2007 trouxeram um novo sistema de classificação das consequências, apresentado na Tabela 11, no qual cinco classificações de consequências

são descritas com maiores detalhes do que no sistema de classificação da CDA de 1999. A Tabela 12 apresenta uma tabela de conversão bastante útil entre as classificações 2007-CDA e BC.

89. Note-se que a coluna de população em risco (PeR) na Figura 12 indica só CDA porque o guia de classificação de consequência a jusante do BC, de 2000, não constava ainda essa informação. Aparentemente, a tabela da CDA na Figura 12 negligencia o fato de que o regulamento da BC acrescentou o PeR, bem como uma quinta classificação após a sua lei original de 2000.

**Tabela 10 – Sistema de Classificação de Barragens**  
(Regulamentações para a Segurança de Barragens em British Columbia, Canadá, 2011)

Classificação das Consequências da Ruptura de Barragem	População em Risco (“PeR”)	Consequências da ruptura		
		Perda de Vidas	Valores ambientais e culturais	Infraestrutura e economia
Baixas	Nenhuma <sup>(1)</sup>	Não há possibilidade de perda de vida a não ser por uma adversidade imprevisível	Perdas ou degradação mínimas no curto prazo, sem perdas ou degradação em longo prazo de (a) habitats de pesca ou de vida silvestre, (b) espécies raras ou em perigo de extinção ou (c) paisagens únicas ou sítios de importância cultural.	Perdas econômicas mínimas, a maioria restrita à propriedade do empreendedor, quando o potencial para o desenvolvimento dentro da zona de inundação da barragem é quase nulo.
Significativas	Somente Temporária <sup>(2)</sup>	Baixo potencial para a perda de múltiplas vidas	Sem perdas ou degradação significativas de (a) habitats de pesca ou de vida silvestre, (b) espécies raras ou em perigo de extinção ou (c) paisagens únicas ou sítios de importância cultural, quando a restauração ou compensação em espécie são altamente viáveis.	Perdas econômicas baixas atingindo pouco a infraestrutura e prédios residenciais, transporte ou serviços públicos ou instalações comerciais, ou alguma destruição ou danos em locais usados esporádica ou irregularmente para finalidades temporárias.
Altas	Permanente <sup>(3)</sup>	10 ou menos	Perdas ou degradação significativas de (a) habitats de pesca ou de vida silvestre, (b) espécies raras ou em perigo de extinção ou (c) paisagens únicas ou sítios de importância cultural, quando a restauração ou compensação em espécie são altamente viáveis.	Perdas econômicas altas atingindo a infraestrutura, transporte ou serviços públicos ou instalações comerciais, ou alguma destruição ou graves danos a edifícios residenciais dispersos.
Muito Altas	Permanente <sup>(3)</sup>	100 ou menos	Perdas ou degradação significativas de (a) habitats vitais de pesca ou de vida silvestre, (b) espécies raras ou em perigo de extinção ou (c) paisagens únicas ou sítios de importância cultural, quando a restauração ou compensação em espécie são viáveis, porém pouco práticas.	Perdas econômicas muito altas atingindo infraestrutura, transporte ou serviços públicos ou instalações comerciais importantes, ou alguma destruição ou graves danos em áreas residenciais.
Extremas	Permanente <sup>(3)</sup>	Mais do que 100	Grandes perdas ou degradação de (a) habitats vitais de pesca ou de vida silvestre, (b) espécies raras ou em perigo de extinção ou (c) paisagens únicas ou sítios de importância cultural, quando a restauração ou compensação em espécie são inviáveis.	Perdas econômicas extremamente altas atingindo infraestrutura, transporte ou serviços públicos ou instalações comerciais vitais, ou alguma destruição ou graves danos em áreas residenciais.

Notas:

- (1) Não se pode identificar uma população em risco.
- (2) Pessoas entram apenas esporádica e irregularmente na zona inundada pela ruptura da barragem, por exemplo, em paradas temporárias, passando por rotas de transporte ou participando de atividades recreativas.
- (3) A população em risco permanece normal ou regularmente na zona inundável pela ruptura da barragem, seja para moradia, trabalho ou recreação.

Tabela 11 - Classificação de Barragens

(Diretrizes da Associação Canadense de Barragens - CDA para a Segurança de Barragens, Canadá, 2007)

Classe da Barragem	População em Risco (1)	Perdas Incrementais		
		Perdas de Vidas (2)	Valores ambientais e culturais	Infraestrutura e economia
Baixa	Nenhuma	0	Perdas mínimas em curto prazo Sem perdas em longo prazo	Perdas econômicas baixas; área contém infraestrutura ou serviços limitados
Significativa	Apenas Temporária	Não especificadas	Sem perda significativa ou degradação de habitats de pesca ou vida silvestre Perdas apenas de habitats marginais Restauração ou compensação em espécie altamente viáveis	Perdas de instalações recreativas, locais de trabalho sazonal e rotas de transporte raramente usadas
Alta	Permanente	10 ou menos	Perda significativa ou degradação de habitats de pesca ou vida silvestre Restauração ou compensação em espécie altamente viáveis	Perdas econômicas altas atingem infraestrutura, transporte público e instalações comerciais.
Muito Alta	Permanente	100 ou menos	Perda significativa ou degradação de habitats de pesca ou vida silvestre Restauração ou compensação em espécie viáveis, porém impraticáveis	Perdas econômicas muito altas atingem infraestrutura ou serviços (por ex., estrada, instalação industrial, depósitos de substâncias perigosas).
Extrema	Permanente	Mais do que 100	Grandes perdas de habitats vitais de pesca ou vida silvestre Restauração ou compensação em espécie impossíveis	Perdas econômicas extremas atingem infraestrutura ou serviços vitais (por ex., hospital, grande complexo industrial, grandes depósitos de substâncias perigosas).

Notas:

(1). Definições para população em risco:

Nenhuma – Não há população identificável em risco e nem possibilidade de perda de vida a não ser por uma adversidade imprevisível

Temporária – Pessoas entram apenas temporariamente na zona inundada pela ruptura da barragem (por ex., em casinhas sazonais, passando por rotas de transporte ou participando de atividades recreativas).

Permanente – A população em risco permanece normalmente na zona inundada pela ruptura da barragem (por ex., moradores permanentes); três classes de consequências (alta, muito alta, extrema) se propõem a permitir estimativas mais detalhadas da perda potencial de vidas (para ajudar na tomada de decisões, quando se faz a análise apropriada).

(2). Implicações para a perda de vidas:

Não especificadas – O nível adequado de segurança necessária na barragem onde pessoas ficam temporariamente em risco depende do número de pessoas, o tempo de exposição, a natureza de suas atividades e outras condições. Seria adequada uma classe mais alta, dependendo dos requisitos. No entanto, o requisito de cheia de projeto, por exemplo, pode não ser mais alta se não é provável que a população temporária esteja presente na temporada de inundações.

Tabela 12 – Comparação dos Sistemas de Classificação de Consequências da Associação Canadense de Barragens (CDA) e da British Columbia (BC)  
(Política Interina de Classificação de Consequências para Barragens em British Columbia, Canadá, 2010)

Classes de Consequências Regulamentos de Segurança de Barragens, BC	Perdas de Vida		Pessoas em Risco (só CDA)	Perdas Econômicas e Sociais <sup>(1)</sup>		Perdas Ambientais e Culturais		Classes de Consequências CDA 2007
	Reg. BC <sup>(2)</sup>	CDA		Reg. BC <sup>(3)</sup>	CDA	Reg. BC	CDA	
Muito Altas	> 100	> 100	Moradores Permanentes	>US\$100 M Muito Altas Infraestrutura; Pública, Comercial, Residência	Extremas Infraestrutura ou Serviços Vitais	Importância Nacional & Provincial/ Habitações & Sítios – Restauração Pouco Viável	Grande Perda de Habitats Vitais – sem Possibilidade de Restaurar	Extremas
Altas (Altas <sup>(5)</sup> )	< 100	< 100		<US\$100 M Substancial Infraestrutura; Pública, Comercial	Muito Altas Infraestrutura ou Serviços Importantes	Idem linha acima, mas Restauração Muito Viável	Perda Significativa de Habitat Crítica – Restauração Possível	Muito Altas
Altas (Baixas <sup>(4)</sup> )	< 10	< 10		<US\$10M Idem linha acima	Altas Infraestrutura, Trans. Público & Comercial	Idem linha acima	Perda Significativa de Habitat Importante – Restauração Possível	Altas
Baixas	Algumas	Não especificado <sup>(5)</sup>	Somente Temporários	<US\$1M Limitadas Infraestrutura; Pública, Comercial	Temporárias & Infrequentes	Importância Regional/ Habitações & Sítios – Restauração Muito Viável	Sem Perda Significativa de Habitat – Restauração Possível	Significativas
Muito Baixas	Mínimas	0	Nenhuma	<US\$100K Mínimas	Baixas	Sem Perda Significativa de Habitats ou Sítios	Perdas Mínimas a Curto Prazo	Baixas

Notas:

(1) A CDA chama esta categoria de “Infraestrutura e Economia”

(2) Estimativa conservadora de perda de vidas na população atingida por águas da cheia (pode ser igual à População em Risco.)

(3) Valores em dólares do ano 2000

(4) Subclassificação interna como “Alta” usada pela avaliação baseada em risco do Programa de Segurança de Barragens.

(5) A categoria significativa pode nem sempre se alinhar com “Baixa” (Reg. BC). Uma população temporária (por ex., em áreas recreativas) poderia ser bastante grande e uma falha “em dia de sol” pode levar a múltiplos óbitos.

### 3.6.2. Québec

90. A Lei de Segurança de Barragens de Québec e sua respectiva regulamentação entraram em vigor no dia 11 de abril de 2002. As barragens reguladas pelo dispositivo são de alta e de baixa capacidade. As de alta capacidade devem apresentar uma das seguintes características:
- (a) um metro ou mais de altura com capacidade de armazenamento maior que 1.000.000 m<sup>3</sup>,
  - (b) 2,5 metros ou mais de altura com capacidade de armazenamento maior que 30.000 m<sup>3</sup> e
  - (c) 7,5 metros ou mais de altura com qualquer capacidade. As barragens de baixa capacidade

têm 2 metros ou mais de altura e não são de alta capacidade. Os principais dispositivos dessa legislação, entretanto, aplicam-se apenas às barragens de alta capacidade.

91. Cada barragem de Québec deve ser classificada em função do grau de risco que representa para pessoas e bens, medido pela multiplicação do valor numérico de sua vulnerabilidade (V) vezes o valor numérico das consequências potenciais de uma ruptura da barragem (C), dando um índice de risco identificado pela letra P. Expressa como equação, esta relação é  $P = V \times C$ . As classes de barragens se baseiam em valores P determinados por essa fórmula, como vemos na Tabela 13. Mesmo havendo quatro classes (de A até D), correspondentes às várias faixas de P (sendo a classe A que tem o maior valor P), qualquer barragem em uma categoria de consequências muito baixa (Nota 1), é classificada como E, se o valor P for menor que 70.

Tabela 13 – Sistema de Classificação de Barragens  
(Regulação da Segurança de Barragens, Québec, Canadá, 2012)

Índice de Risco (P)	Classe da Barragem
$P \geq 120$	A
$70 \leq P < 120$	B
$25 \leq P < 70$	C
$P < 25$	D

Notas:

- (1) Uma barragem na categoria de consequência Muito Baixa pertence à Classe E, se o valor P for menor do que 70.  
(2) Se uma barragem contiver mais do que uma seção, cada seção deve ser avaliada individualmente e a classe dessa barragem será a da seção com o maior valor P.

92. O valor “V” de uma barragem se mede multiplicando o valor aritmético mediano dos parâmetros físicos constantes pelo valor aritmético mediano dos parâmetros variáveis. Os parâmetros físicos constantes a serem levados em conta são: altura da barragem, tipo da barragem, capacidade de armazenamento e tipo de fundação da barragem. A pontuação para cada parâmetro constante baseado nas características da barragem é apresentada na Tabela 14. Quando houver mais do que um tipo de fundação em uma seção de uma barragem, a pontuação atribuída ao parâmetro “tipo de fundação” para essa seção da barragem deve ser a mais alta das pontuações atribuídas aos diferentes tipos de fundação nessa seção.
93. Os parâmetros variáveis a serem levados em conta são: (a) idade da barragem, ou seja, número de anos desde sua construção; (b) zona sísmica onde fica a barragem, segundo o mapa de zonas sísmicas; (c) condições da barragem, avaliadas e pontuadas considerando o estado físico e condições estruturais da barragem, a qualidade e efetividade da manutenção, envelhecimento, possíveis impactos de fatores externos como geadas ou terremotos e qualquer defeito de projeto ou estrutural na barragem; e (d) a confiabilidade dos dispositivos de descarga da barragem, que devem ser capazes de passar a vazão da cheia de projeto, tal como foi avaliada na base do projeto dos dispositivos de descarga e os procedimentos estabelecidos pelo empreendedor para garantir que eles funcionem efetivamente durante cheias. A pontuação a ser atribuída a cada parâmetro variável, baseada nas características da barragem, é apresentada na Tabela 15 e na Tabela 16.

**Tabela 14 – Sistema de Classificação de Barragens**  
(Regulamentação de Segurança de Barragens, Québec, Canadá, 2012)  
Vulnerabilidade de Barragens em Valores Numéricos – Parâmetros Físicos Constantes

Altura (m)	Pts.	Tipo	Pts.	Tipo de Fundação	Pts.
≤ 5	1	Arco de concreto	1	Rocha tratada	1
10	2	Contraforte de concreto	3	Rocha	2
20	3,5	De gravidade com concreto	2	Till tratado <sup>(4)</sup>	3
30	4,5	Aterro de gravidade com concreto	3	Till <sup>(4)</sup>	4
40	5	Cortina de estacas-prancha em concreto ou aço, a montante de uma barragem de terra	6	Argila tratada	6
50	5,8	Terra	10	Argila	7
100	8	Engradamento de madeira ou aço com terra	10	Aluviões tratados	8
> 160	10	Vertedor livre com face de concreto	7	Aluviões ou depósitos desconhecidos	10
		Barragem de enrocamento com face de concreto ou núcleo de terra a montante	3		
		Vertedor livre com enrocamento	8		
		Vertedor de enrocamento	4		
		Cortina de estacas-prancha	7		
		Engradamento de madeira ou aço com enrocamento	6		
		Ombreiras com engradamento de madeira	8		
		Ombreiras com engradamento de madeira (escoras verticais)	9		

Notas:

- (1) Altura. A pontuação para as alturas intermediárias será determinada considerando que os pontos variam linearmente entre os vários valores de altura, a não ser em uma barragem com 5 m ou menos, à qual sempre se atribui um ponto.
- (2) Tipo: Para barragens de qualquer outro tipo, será estabelecida uma semelhança com o tipo de barragem na tabela que tenha as características mais próximas.
- (3) Capacidade: A pontuação para capacidades intermediárias será determinada considerando que os pontos variam linearmente entre os vários valores de capacidade de armazenamento, a não ser uma capacidade de armazenamento de 1.000.000 m<sup>3</sup> ou menos, à qual sempre se atribui um ponto.
- (4) Fundação: O tratamento inclui todos os métodos geotécnicos para reduzir a permeabilidade da fundação e aumentar sua resistência à erosão interna ou aumentar a capacidade de carga da fundação ou a estabilidade da barragem. O “till” é um material de origem glacial, que consiste de uma mistura de vários tamanhos de partículas, que normalmente contém certo percentual de finos.

Tabela 15 – Sistema de Classificação de Barragens  
(Regulamentação de Segurança de Barragens, Québec, Canadá, 2012)

Vulnerabilidade de Barragens em Valores Numéricos – Parâmetros Variáveis

Concreto <sup>(1)</sup>		Aterro <sup>(2)</sup>		Madeira <sup>(3)</sup>		Soleira livre com enrocamento <sup>(4)</sup>	
Idade (Anos)	Pts	Idade (Anos)	Pts	Idade (Anos)	Pts	Idade (Anos)	Pts
0	1	0	8	0	1	≤5	5
5	1,5	5	7,5	5	1,5	10	6
10	2	10	6,5	10	2	15	7
20	3	15	5	20	8	20	8
40	7	20	4	>30	10	25	9
50	9	25	3			>30	10
>50	10	30	2,5				
		40	2				
		50	1,5				
		>60	1				

Notas:

(1) Concreto. Esta categoria inclui os seguintes tipos de barragens: gravidade de concreto, aterro de gravidade de concreto, arco de concreto, cribs de estacas-prancha de aço com enrocamento, contrafortes de concreto, soleira livre com face de concreto, barragem de enrocamento com face de concreto, estacas-prancha de aço. A pontuação para barragens de idades intermediárias será determinada considerando que os pontos variam linearmente entre os vários valores de idade da barragem.

(2) Aterro. Esta categoria inclui os seguintes tipos de barragens: barreira de concreto ou estacas-prancha de aço a montante de uma barragem de terra, barragem de enrocamento com núcleo de terra a montante e terra. A pontuação para barragens de idades intermediárias será determinada considerando que os pontos variam linearmente entre os vários valores de idade da barragem.

(3) Madeira. Esta categoria inclui os seguintes tipos de barragens: cribs de madeira com enrocamento ou terra, e contrafortes de madeira (cribs ou escoras verticais). A pontuação para barragens de idades intermediárias será determinada considerando que os pontos variam linearmente entre os vários valores de idade da barragem.

(4) Soleira livre com enrocamento. Esta categoria inclui os seguintes tipos de barragens: cribs de madeira com enrocamento ou terra, e contrafortes de madeira (cribs ou escoras verticais). A pontuação para barragens de idades intermediárias será determinada considerando que os pontos variam linearmente entre os vários valores de idade da barragem.

Tabela 16 – Sistema de Classificação de Barragens  
(Regulamentação de Segurança de Barragens, Québec, Canadá, 2012)

Vulnerabilidade de Barragens em Valores Numéricos – Parâmetros Variáveis

Sismicidade		Confiabilidade dos Dispositivos de Descarga		Condições da Barragem	
Zona	Pts	Confiabilidade	Pts	Condições	Pts
1	1	Satisfatória	1	Muito boas <sup>(1)</sup>	1
2	1	Aceitável	5	Boas <sup>(2)</sup>	3
3	2	Insatisfatória ou não determinada	10	Aceitáveis <sup>(3)</sup>	5
4	6			Regulares ou não determinadas <sup>(4)</sup>	10
5	8				

Notas:

(1) Muito boas. A barragem não mostra evidências de qualquer deficiência, ou apresenta uma deterioração mínima confinada, considerada normal ou sem consequências.

(2) Boas. A barragem mostra evidências apenas de deterioração ou deficiências menores, que não afetam o funcionamento adequado de seus componentes.

(3) Aceitáveis. A barragem mostra evidências de deterioração que exige reparação sem, no entanto, expor a estrutura a perigo imediato; uma barragem nesse estado exige manutenção e trabalhos de reparação no futuro imediato ou próximo,

sem os quais a barragem ficará cada vez mais vulnerável. A barragem também pode mostrar evidências de deficiências que não afetam sua segurança imediata, mas que exigem um monitoramento de perto.

(4) Regulares ou não determinadas. A barragem mostra evidências de deterioração severa em um ou múltiplos aspectos, que podem afetar sua estabilidade e deixar certos componentes inoperantes, ou a barragem mostra evidências de graves deficiências que expõem sua segurança a perigo, ou a condição da barragem não pode ser determinada.

94. O valor numérico do C se baseia na categoria de consequências da ruptura da barragem. A pontuação atribuída a cada categoria é apresentada na Tabela 17. A categoria de consequências da ruptura é determinada em função das características da área a jusante que seria atingida pela ruptura da barragem, considerando o cenário de ruptura que causaria a categoria mais alta de consequências. Essas categorias são avaliadas em termos da densidade da população e a extensão da destruição ou danos severos para a infraestrutura e serviços a jusante, no caso de uma ruptura da barragem. As categorias de consequências, e uma descrição das características usadas para determinar cada uma delas, são apresentadas na Tabela 18.

Tabela 17 – Sistema de Classificação de Barragens  
(Regulação de Segurança de Barragens, Québec, Canadá, 2012)  
Consequência de Falha de Barragens em Valores Numéricos

Categoria de Consequências	Pontos
Muito Baixas	1
Baixas	2
Moderadas	3
Altas	5
Muito Altas	8
Severas	10

Tabela 18 - Categoria de Consequências da Falha de Barragem, com base nas Características da Área a Jusante

Características da Área Afetada (Densidade de população e extensão da destruição ou danos severos a infraestrutura e serviços)	Categoria de Consequências
Área desabitada ou Área com um mínimo de infraestrutura ou serviços, como uma segunda barragem na categoria de consequências Muito Baixas, uma estrada principal, terras agrícolas ou uma instalação comercial sem habitação.	Muito Baixas
Área ocasionalmente habitada com menos de 10 chalés ou domicílios sazonais ou Área contendo uma instalação comercial que hospeda menos que 25 pessoas ou que tem menos de 10 unidades de hospedagem (ou seja, 10 chalés, 10 acampamentos, 10 quartos de motel) ou Área com uma quantidade limitada de infraestrutura ou de serviços como uma segunda barragem na categoria de consequências Baixas, ou uma estrada local.	Baixas
Área com habitação permanente contendo menos que 10 domicílios, ou ocasionalmente habitada com 10 ou mais chalés ou domicílios sazonais ou Área com uma instalação comercial sazonal que pode hospedar 25 ou mais pessoas, ou com 10 ou mais unidades de hospedagem ou que opera o ano inteiro e oferece hospedagem para menos que 25 pessoas ou tem menos de 10 unidades de hospedagem ou Área com uma quantidade moderada de infraestrutura ou de serviços como uma segunda barragem na categoria de consequências Moderadas, uma estrada secundária, uma ferrovia (local ou regional), uma empresa com menos que 50 funcionários, ou uma captação principal de água, a montante ou a jusante da barragem, que abastece um município.	Moderadas
Área com habitação permanente contendo 10 ou mais domicílios, e menos que 1.000 moradores ou Área com uma instalação comercial sazonal que pode hospedar 25 ou mais pessoas, ou com 10 ou mais unidades de hospedagem ou Área com uma quantidade significativa de infraestrutura ou de serviços como uma segunda barragem na categoria de consequências Altas, uma estrada regional, uma ferrovia, uma escola ou uma empresa com de 50 a 499 funcionários.	Altas
Área com habitação permanente contendo 10 ou mais domicílios, com uma população de mais que 1.000 e menos de 10.000 moradores ou Área com grande quantidade de infraestrutura ou de serviços como uma segunda barragem na categoria de consequências Muito Altas, uma autoestrada ou rodovia nacional, uma ferrovia, uma empresa com mais de 500 funcionários, um parque industrial ou um local de armazenamento de substâncias perigosas.	Muito Altas
Área com habitação permanente, com uma população maior que 10.000 ou Área com abundância de infraestrutura ou de serviços como uma segunda barragem na categoria de consequências Severas, um hospital, um grande complexo industrial ou um grande local de armazenamento de substâncias perigosas.	Severas

Notas:

- (1) Para os fins desta tabela, instalação comercial significa campo de golfe, trilha de bicicleta, trilha de esqui de fundo, trilha de moto de neve, acampamento, centro de operações de caça e pesca, centro recreativo ao ar livre, balneário de férias, complexo turístico ou qualquer outra instalação semelhante esportiva ou recreativa.
- (2) A nomenclatura [original, em inglês] de estradas ou rodovias nesta tabela é a da classificação funcional estabelecida pelo Ministério dos Transportes.

95. A geometria da área que seria atingida por uma ruptura de barragem e a identificação das características da área se baseiam em uma análise de ruptura de barragem que inclui mapas de inundação. A análise inclui uma descrição e as premissas e procedimentos usados para selecionar os cenários examinados e para determinar a onda da cheia da ruptura, o tempo de chegada da onda de cheia e a extensão da área atingida. Para cenários nos quais a barragem rompe durante uma inundação, a área atingida seria a área inteiramente inundada em função da ruptura da barragem.

96. Para barragens em cascata, se mais que uma barragem está localizada no mesmo curso d'água, a vazão a ser considerada na análise da ruptura da barragem de jusante é a vazão equivalente à capacidade de descarga da barragem a montante com a maior capacidade de descarga, levando-se em conta outras possíveis vazões afluentes. No caso da barragem considerada estar localizada a jusante de barragens localizadas em cursos de água diferentes, a vazão que deve ser considerada é a soma das vazões de cada barragem, levando-se também em consideração vazões incrementais.

### 3.7. Portugal

97. A regulamentação portuguesa de segurança de barragens inclui o Regulamento de Segurança de Barragens, aprovado em 2007, que abrange todas as barragens, novas ou existentes, de altura igual ou superior a 15 m ou as barragens cujo reservatório tenha uma capacidade superior a 100 000 m<sup>3</sup>, e o Regulamento de Pequenas Barragens, aprovado em 1993, que abarca as barragens restantes.
98. Para boa execução do Regulamento de Segurança de Barragens foram ainda elaboradas as Normas de Projeto de Barragens, aprovadas em 1993, as Normas de Observação e de Inspeção de Barragens, aprovadas em 1993, e as Normas de Construção de Barragens, aprovadas em 1998.
99. No âmbito do referido Regulamento, as barragens são classificadas em função dos danos potenciais associados à onda de inundação correspondente ao cenário de ruptura mais desfavorável, em termos de população, bens e ambiente afetados (Tabela 19).
100. A população é avaliada em função do número de pessoas que ocupam em permanência as habitações, os equipamentos sociais ou as instalações, bem como do número de pessoas que ocupam temporariamente os equipamentos sociais e as instalações comerciais e industriais, turísticas e recreativas. Para a contabilização do número de residentes o número de pessoas em permanência deve ser adicionado ao número de pessoas de carácter temporário multiplicado pelo fator de 1/3.
101. Os bens são avaliados em função das habitações, dos equipamentos sociais, das instalações e das infraestruturas presentes na área potencialmente afetada, tendo em conta a interrupção dos serviços prestados.
102. A avaliação dos impactos ambientais tem em consideração o seu valor e a capacidade de recuperação, bem como a existência de instalações de produção e de armazenamento de substâncias perigosas.

Tabela 19 – Sistema de Classificação de Barragens

(Regulamento de Segurança de Barragens, Portugal, 2007)

Categoria	Dano Potencial Associado
I	Alto – Residentes em número igual ou superior a 25.
II	Significativo – Residentes em número inferior a 25 ou infraestruturas e instalações importantes ou bens ambientais de grande valor e dificilmente recuperáveis ou existência de instalações de produção ou de armazenagem de substâncias perigosas.
III	Baixo – As restantes barragens.

103. A região do vale a jusante é delimitada (i) com base em resultados obtidos por aplicação de modelos hidrodinâmicos do estudo da onda de cheia; (ii) com base em resultados obtidos por modelos simplificados ou fórmulas empíricas, se devidamente justificado, no caso de barragens das classes II e III; e (iii) por uma seção do rio localizada 10 km a jusante da barragem, no caso de pequenas barragens com altura acima do leito do rio inferior a 10 m e volume armazenado inferior a 200 000 m<sup>3</sup>, considerando-se ainda que a onda de inundação não atinja cotas superiores à do talvegue adicionada de metade da altura da barragem acima do leito do rio.

104. Para as barragens de maior dano potencial, ou seja, da classe I, a Autoridade de Segurança de Barragens promove, em geral, a intervenção sistemática do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) em todas as fases da vida da obra, o empreendedor tem que elaborar o plano de emergência interno, a Autoridade Nacional de Proteção Civil tem que desenvolver o plano de emergência externo e o LNEC tem que rever o plano de observação da barragem.
105. Para a definição do plano de observação, o Regulamento de Segurança de Barragens considera critérios baseados num índice de risco diferentes dos utilizados para a classificação das barragens.
106. Presentemente, este regulamento encontra-se em fase de revisão, estando prevista a classificação das barragens em função da sua periculosidade e dos danos potenciais associados à onda de inundação correspondente ao cenário de acidente mais desfavorável. A periculosidade da barragem deve ser caracterizada pelo fator  $X = H^2 \sqrt{V}$ , sendo H a altura da barragem, em metros, e V a capacidade do reservatório, em hm<sup>3</sup>. A população será avaliada em função do número de edificações fixas com caráter residencial permanente (Y) e os danos potenciais serão avaliados tendo em consideração a existência de infraestruturas, instalações e bens ambientais importantes. A classe da barragem resulta da aplicação da Tabela 20.

Tabela 20 – Sistema de Classificação de Barragens em revisão  
(Regulamento de Segurança de Barragens proposto, Portugal, 2014)

Classe	Periculosidade da barragem e danos potenciais
I	$Y \geq 10$ e $X \geq 1000$
II	$Y \geq 10$ e $X < 1000$ ou $0 < Y < 10$ independentemente do valor de X ou Existência de infraestruturas, instalações e bens ambientais importantes
III	$Y=0$ independentemente do valor de X

### 3.8. Estados Unidos

107. Em junho de 1977, o Presidente Carter emitiu um memorando que iniciou a revisão das atividades federais sobre segurança de barragens, por um painel *ad hoc* de especialistas de renome. O Comitê Interagência sobre Segurança de Barragens (ICODS) publicou seu relatório em junho de 1979, com as primeiras diretrizes para órgãos federais e empreendedores de barragens. As Diretrizes Federais para a Segurança de Barragens estimulam a adoção de normas estritas de segurança para práticas e procedimentos de órgãos federais e empreendedores de barragens reguladas por órgãos federais. As diretrizes discutem práticas e procedimentos administrativos, mas não fixam normas técnicas. Elas eram a afirmação mais completa e oficial disponível das práticas administrativas almejadas para promover a segurança de barragens e o bem-estar da população.
108. A Lei do Programa Nacional de Segurança de Barragens foi promulgada no dia 12 de outubro de 1996, como parte da Lei para o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos de 1996 (PL 104-310). Ela foi emendada pela Lei de Segurança de Barragens de 2002 para durar até 2006 (PL 107-310). A Lei do Programa Nacional de Segurança de Barragens é administrada através da Agência Federal de Gerenciamento de Emergências (FEMA), um órgão do Departamento de Segurança Interna (que agora faz parte da Diretoria de Prontidão e Respostas para Emergências). Em resumo, o programa foi estabelecido para melhorar a

segurança das barragens e ao redor delas, ao: (a) prestar assistência a fundo perdido para órgãos estaduais de segurança de barragens, para ajudá-los a melhorar seus programas regulatórios; (b) financiar pesquisas que promovam o conhecimento técnico na construção e reabilitação de barragens; (c) estabelecer programas de treinamento para inspetores de segurança de barragens e (d) criar um Inventário Nacional de Barragens, administrado pelo USACE. Além disso, a Lei dá competência à FEMA para educar a população, empreendedores de barragens e outros sobre a necessidade de fortes programas de segurança de barragens, em níveis nacional e local, e de uma coordenação de parcerias entre todos os membros da comunidade de segurança de barragens.

109. Os órgãos federais e estaduais de segurança de barragens normalmente classificam uma barragem em função do impacto de uma falha (ruptura) ou mau funcionamento (liberação não planejada) de uma barragem sobre áreas a montante e/ou a jusante, ou em locais distantes da barragem. Há muitos sistemas de classificação hoje, que variam dentro e entre os entes federais e estaduais. O problema mais significativo com a variedade de sistemas é o uso de termos que carecem de uma definição clara. Além disso, os sistemas usam terminologias diferentes para definir conceitos semelhantes, dificultando assim uma coerência entre os vários órgãos federais e estaduais e também a compreensão pelo público. A seguir, serão apresentados os sistemas de classificação de barragens elaborados pela FEMA, pelos estados, pelo USBR e pelo USACE.

### **3.8.1. Agência Federal de Gerenciamento de Emergências - FEMA**

110. O Programa Nacional de Segurança de Barragens dos Estados Unidos é administrado pela FEMA. Como parte de sua função supervisora do programa, e para garantir que tenha a atenção do Congresso para financiar os programas estaduais de segurança de barragens e as reparações das barragens mais críticas de alto risco, a FEMA apresenta um Relatório de dois em dois anos de Segurança de Barragens, com dados fornecidos por todos os órgãos reguladores federais e estaduais do país.

111. Uma das cinco Diretrizes Federais para a Segurança de Barragens elaboradas pelo ICODS e publicadas pela FEMA em 1998 foi o Sistema de Classificação de Danos Potenciais para Barragens. Foram adotados três níveis de classificação, relacionados em ordem crescente de consequências adversas incrementais: baixo, significativo e alto. Os níveis de classificação dependem uns dos outros, ou seja, os níveis de classificação mais altos somam à lista de consequências para os níveis de classificação mais baixos, conforme a nota na Tabela 21. Esse sistema deveria ser usado, entendendo que a ruptura de qualquer barragem ou estrutura retentora de água, por menor que seja, pode representar um perigo para vidas e bens a jusante. Sempre que houver uma liberação descontrolada de água armazenada, existirá a possibilidade de alguém, por menos que se possa imaginar, estar no caminho.

**Tabela 21 - Sistema de Classificação de Barragens**  
(Diretrizes Federais para a Segurança de Barragens: Sistema de Classificação de Danos Potenciais em Barragens, Departamento de Segurança Interna dos EUA, FEMA, 1998)

Classificação do Dano Potencial	Perda de Vidas Humanas	Perdas Econômicas, Ambientais e de Serviços Vitais
Baixo <sup>(1)</sup>	Nenhuma esperada	Baixas e geralmente limitadas ao empreendedor
Significativo <sup>(2)</sup>	Nenhuma esperada	Sim
Alto <sup>(3)</sup>	Provável. Uma ou mais esperada	Sim (mas não necessárias para esta classificação)

Notas:

(1) As barragens classificadas com dano potencial baixo são aquelas onde o resultado de uma ruptura ou mau funcionamento é nenhuma perda provável de vidas humanas e baixas perdas econômicas ou ambientais. As perdas se limitam principalmente à propriedade do empreendedor.

(2) As barragens classificadas com dano potencial significativo são aquelas onde o resultado de uma ruptura ou mau funcionamento é nenhuma perda provável de vidas humanas, mas que podem causar perdas econômicas, danos ambientais, perturbação de serviços vitais ou outros impactos preocupantes. As barragens classificadas com dano potencial significativo frequentemente estão localizadas em áreas predominantemente rurais ou agrícolas, mas podem estar localizadas em áreas povoadas com infraestrutura significativa.

(3) As barragens classificadas com dano potencial alto são aquelas onde o resultado de uma ruptura ou mau funcionamento provavelmente causará a perda de vidas humanas, bastando esse critério para classificá-las.

112. Este sistema de classificação de danos potenciais categoriza as barragens em função da provável perda de vidas humanas e dos impactos sobre ativos econômicos, ambientais e de serviços vitais. É improvável a perda de vidas humanas onde as pessoas ficam apenas temporariamente na área potencial de inundação. Por exemplo, este sistema de classificação de danos potenciais não cogita a improvável perda de vida do usuário recreativo ocasional do rio e das terras a jusante, transeuntes ou usuários ao ar livre que não pernoitam em terras a jusante. O bom senso e o discernimento devem em última instância fazer parte de qualquer decisão sobre uma classificação. Os procedimentos de emergência não devem substituir projetos, obras e manutenção adequados nas estruturas das barragens.
113. A classificação atribuída a uma barragem por seu dano potencial se baseia em considerações quanto aos efeitos de uma ruptura ou mau funcionamento durante condições de vazão normal e de cheia. A classificação atribuída deve se basear no cenário do pior caso provável da ruptura ou do mau funcionamento da barragem. Ou seja, a classificação atribuída deve se basear nas consequências de uma ruptura que levarão à atribuição da classificação mais alta de dano potencial de todos os cenários prováveis de ruptura e de mau funcionamento. Cada elemento de um projeto deve ser avaliado para determinar a classificação de dano potencial adequado para o projeto. Mesmo assim, apenas uma classificação de dano potencial será atribuída ao projeto como um todo. As estruturas e características específicas dentro de um projeto não recebem classificações individualizadas de dano potencial.
114. Na maioria das situações, a investigação sobre o impacto da ruptura ou mau funcionamento de uma barragem na vida humana, bens, serviços vitais e o meio ambiente a jusante é suficiente para determinar a classificação adequada de danos potenciais. Porém, se a ruptura ou mau funcionamento de uma barragem contribuir para a ruptura de uma ou mais barragens a jusante, a classificação dos danos potenciais da barragem deve ser pelo menos

tão alta quanto à classificação da(s) barragem (ns) a jusante e deve levar em conta as consequências adversas incrementais de rupturas de barragens em cascata.

115. Por último, a intenção por trás desse sistema de classificação de danos potenciais foi formular um sistema universal para todos os órgãos reguladores. Por outro lado, devem ser adotados nomes para as categorias no sistema de classificação, em vez de usar símbolos alfanuméricos, para a coerência interna da comunidade de segurança de barragens e para melhor educar a população quanto à necessidade de uma manutenção adequada das barragens.

### **3.8.2. Estados**

116. A regulação da segurança de barragem varia dramaticamente de um estado a outro. Alguns têm competência para restringir a operação de qualquer barragem ou reservatório que levantar preocupações quanto a sua segurança. A maioria dos estados, porém, não possui competências reais para fazer cumprir a lei. Podem escrever cartas, mas sem capacidade orçamentária e com um eterno fluxo de prioridades políticas, é pouco o que podem fazer para estimular a maioria de empreendedores desinformados a fazerem alguma coisa.
117. A regulação da segurança de barragens se baseia em leis estaduais totalmente determinísticas e prescritivas. A abordagem baseada em risco é um conceito novo para a maioria dos reguladores nos estados. As classificações dos danos potenciais de barragens variam entre os estados, mas em geral incluem três classes, baseadas na perda estimada de vidas e nos danos causados a jusante pela ruptura de uma barragem: (a) Danos Potenciais Altos – provável perda de vidas; (b) Danos Potenciais Significativos – possível perda de vidas, grandes danos; e (c) Danos Potenciais Baixos – sem perda de vidas, danos menores. O Anexo I apresenta a classificação por dano potencial para todos os estados americanos e Porto Rico
118. Os requisitos para a segurança de barragens se vinculam às classificações de danos potenciais das barragens. Barragens com danos potenciais altos têm requisitos de projeto mais rigorosos, como ter que passar com segurança pela CMP, cumprir com requisitos modernos de estabilidade e filtragem, possuir limitações ao projeto de vertedouros e poder sustentar a carga do terremoto maior imaginável, além de outros requisitos. As barragens com danos potenciais significativos têm requisitos menos específicos e menos difíceis, como o requisito típico de suportar 50% da CMP, e requisitos menores quanto a zoneamento e estabilidade. As barragens com danos potenciais baixos podem apenas ter que suportar uma tempestade de 100 anos, sem requisito de investigações ou análise geotécnicas, desde que sejam citados projetos com precedentes.

### **3.8.3. Bureau of Reclamation dos Estados Unidos - USBR**

119. O USBR elaborou e publicou em 1988 as Diretrizes para a Classificação de Danos Potenciais a Jusante, com os seguintes objetivos: (a) definir o método “Avaliação da Segurança de Barragens Existentes” (SEED) para atribuir classes de danos potenciais a barragens, (b) orientar e oferecer métodos para estimar a área a jusante suscetível a cheias pela ruptura de barragens, (c) oferecer orientação e critérios para identificar danos potenciais a jusante e (d) promover coerência na classificação de danos potenciais a jusante. O sistema de classificação de danos potenciais apresentado na Tabela 22 tem sido usado pelo programa SEED para classificar barragens do USBR e do Departamento do Interior em função de danos potenciais a jusante. Com base no USBR, essas diretrizes pretendem ser úteis para

todas as barragens, mas especialmente para pequenas barragens e/ou barragens cuja cheia de ruptura atingiria pequenas populações, já que a classificação de danos potenciais a jusante das grandes barragens normalmente é óbvia. Note-se, porém, que desde os anos 90 o USBR usa procedimentos de segurança de barragens baseados no risco para priorizar suas barragens de alto risco.

120. É preciso executar um estudo de ruptura/inundação da barragem para poder determinar o impacto de uma cheia de ruptura sobre possíveis danos potenciais. Um dano potencial possível é aquele que foi identificado como tendo a possibilidade de virar um dano potencial, mas é preciso fazer estudos e/ou análises no campo, para confirmá-lo. Possíveis danos potenciais são identificados a partir de mapas topográficos, fotografias, levantamentos de campo e informações dos moradores locais. Eles incluem qualquer situação suspeita de ter o potencial para colocar vidas em perigo ou causar perdas econômicas devido a uma ruptura de barragem. Às vezes, a classificação de danos potenciais a jusante é óbvia; ou seja, não é preciso fazer uma análise porque há poucas dúvidas de que vidas estariam em perigo e/ou haveria danos a bens, em caso de uma ruptura da barragem.

Tabela 22 - Sistema de Classificação de Danos Potenciais a Jusante  
(USBR - Avaliação da Segurança de Barragens Existentes - SEED, 1998)

Classificação do Dano Potencial	Vidas em Perigo <sup>(1)</sup>	Perdas Econômicas <sup>(2)</sup>
Baixo	0	Mínimas (agricultura não desenvolvida, estruturas desabitadas dispersas ou recursos naturais importantes em escala mínima)
Significativo	1-6	Consideráveis (área rural com bastante lavoura, indústria ou lugares de trabalho, ou recursos naturais importantes)
Alto	Maior do que 6	Excessivas (área urbana com muitas comunidades, indústria, agricultura ou recursos naturais importantes)

Notas:

- (1) Vidas-em-Perigo: todos os indivíduos dentro dos limites da área da cheia que, se não forem evacuados, ficarão sujeitos a um perigo que corresponde aos critérios na Seção IV das Diretrizes para a Classificação de Danos Potenciais a Jusante (USBR). O conceito “vidas em perigo” se restringe aos impactos diretos a jusante, resultantes de uma cheia causada pela ruptura da barragem. Assim, “vidas em perigo” não abrangem situações, por exemplo, de pessoas no reservatório ou acidentes de veículos causados por uma ponte que caiu (depois que a cheia passou). “Vidas em perigo” se dividem em uso permanente e uso temporário. Os valores na tabela acima (“1-6” e “Maior do que 6” para danos significativos e altos, respectivamente) são puramente arbitrários. Os critérios mais antigos para classificar os danos potenciais a jusante usavam “poucas” e “mais do que poucas” vidas em perigo, para as categorias de dano significativo e alto, respectivamente. Os valores na tabela servem para quantificar “poucas” e “mais do que poucas”. Parece razoável considerar todos os moradores de dois domicílios médios como “poucos.” De acordo com o censo de 1980, o domicílio médio nos EUA tem três ocupantes; por isso “poucas” foram definidas como até seis pessoas, e “mais do que poucas” foi definida como “mais do que seis”. As “vidas em perigo” na classificação de potencial de dano baixo, que era “nenhuma esperada” foi quantificada como “zero”.
- (2) Perdas Econômicas: as perdas resultantes de danos a moradias, edifícios comerciais, indústrias, terras agrícolas, pastagens, serviços públicos, estradas e rodovias, ferrovias, etc. Também devem ser levadas em conta as perdas resultantes de danos a recursos naturais importantes dentro de parques, reservas e áreas de preservação oficiais. Por outro lado, se houver a presença significativa de substâncias tóxicas ou prejudiciais, o efeito de sua dispersão em áreas a jusante (apenas em termos das perdas econômicas) deve ser levado em conta na classificação do dano potencial a jusante. Por causa da variação do valor monetário dos imóveis ao longo do tempo e em função dos usos do imóvel, as Diretrizes não procuram atribuir um valor em dólares. Perdas econômicas não incluem a perda da barragem ou das instalações que fazem parte do projeto.

### 3.8.4. Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos - USACE

121. Do mesmo modo que o USBR tem feito há duas décadas, o USACE também usa procedimentos baseados no risco para priorizar medidas de redução de risco em suas

atividades não rotineiras de segurança de barragens. No entanto, o sistema de classificação apresentado na Tabela 23 ainda é usado para identificar barragens em função de danos potenciais. O sistema agrupa as perdas em quatro categorias gerais: perda de vidas, bens, serviços vitais e meio ambiente. A classificação dos danos potenciais se refere à integridade funcional do projeto, e não a integridade estrutural de características ou componentes do projeto. A perda direta de vidas é quantificada como nenhuma, certa (uma ou mais) ou incerta. As perdas econômicas indiretas são classificadas como perdas diretas de bens, ambientais ou de serviços vitais. A pontuação do dano potencial se baseia inteiramente na proximidade do projeto à população que estaria em risco devido a uma ruptura ou mau funcionamento, e o impacto em vidas, bens e a perda de serviços essenciais.

Tabela 23 – Classificação do Dano Potencial para Projetos de Engenharia Civil (USACE, ER 1110-2-1156, Segurança de Barragens – Políticas e Procedimentos, versões 2012)

Categoria <sup>(1)</sup>	Baixo	Significativo	Alto
Perda direta de vidas <sup>(2)</sup>	Nenhuma esperada	Nenhuma esperada	Certa (uma ou mais) (desenvolvimento considerável de residências, comércio ou indústrias a jusante)
Perdas de Serviços Vitais <sup>(3)</sup>	Sem perturbação de serviços – consertos apenas superficiais ou danos fáceis de consertar	Perturbação de instalações e acessos essenciais ou críticos	Não consideradas para esta classificação
Perdas de Bens <sup>(4)</sup>	Terras agrícolas particulares, equipamentos e edifícios isolados	Grandes ou extensas, de instalações públicas e privadas	Não consideradas para esta classificação
Perdas Ambientais <sup>(5)</sup>	Danos incrementais mínimos	Grandes ou extensas, mitigação é requerida ou impossível de mitigar	Não consideradas para esta classificação

Notas:

(1) As categorias se baseiam em consequências potenciais de uma ruptura da barragem e não se aplicam às estruturas específicas dentro de um projeto.

(2) O potencial para a perda de vidas se baseia no mapeamento da área de inundação a jusante do projeto. As análises do potencial para a perda de vidas levarão em conta a extensão do desenvolvimento e a população associada em risco, o tempo de trânsito da onda da cheia e o tempo para aviso.

(3) As ameaças indiretas à vida causadas pela interrupção de serviços vitais com a ruptura do projeto ou seu mau funcionamento, ou seja, a perda direta de (ou acesso às) instalações médicas essenciais, ou perda de água ou energia, comunicações, etc.

(4) O impacto econômico direto do valor de danos a bens nas instalações do projeto e bens a jusante, e impacto econômico indireto causado pela perda dos serviços do projeto, ou seja, impacto sobre a indústria de navegação ou a perda do reservatório para a navegação, ou o impacto sobre uma comunidade pela perda do abastecimento de água ou de energia.

(5) Impacto ambiental a jusante causado pela onda da cheia incremental produzida pela ruptura do projeto, além do impacto que normalmente seria esperado para um evento de cheia dessa magnitude, em condições sem o projeto.

### 3.8.5. Processo de Gestão do Risco do Portfólio

122. Trata-se não exatamente de um sistema de classificação de barragens, mas de uma metodologia baseada no risco que melhora a tomada de decisões na gestão em longo prazo de barragens existentes no inventário do USACE. O entendimento que prevalece cada vez mais é que todas as barragens, até aquelas que atendem todos os critérios normatizados, continuam com alguma (geralmente pouca) probabilidade de ruptura. Somando as consequências a jusante de uma ruptura, a realidade é que todas as barragens apresentam

certo nível de risco. O procedimento baseado no risco já foi adotado ou há planos para adotá-lo em vários países e estados/províncias ao redor do mundo, inclusive na Austrália (por exemplo, New South Wales), Canadá (Ontário), Reino Unido e Estados Unidos (USACE, USBR e agora FERC), e mais recentemente na França, Alemanha, Espanha e Portugal.

123. Nos Estados Unidos, o USBR inaugurou em 1995 a análise quantitativa do risco para apoiar suas decisões sobre a segurança de barragens. Isso, porque acreditava que a análise quantitativa do risco, aplicada coerente e compreensivamente, facilitaria a identificação de riscos, melhoraria a qualidade das decisões e ajudaria a priorizar as ações de segurança de barragens, reduzindo mais o risco público pelo dinheiro investido. As decisões tomadas com análise do risco, avaliação do risco e gestão do risco – acredita-se – são melhores em dois sentidos:

- a. Alcança-se uma compreensão melhor dos problemas e vulnerabilidades de uma barragem por meio da identificação do modo de falha e da avaliação sistemática dos sistemas da barragem em seu conjunto, permitindo que a equipe de segurança de barragens desenvolva e proponha alternativas melhores para a redução do risco ou que recomende cursos de ação mais adequados para responder a problemas levantados pertinentes à segurança da barragem.
- b. O uso de avaliações quantitativas do risco, e a consideração de fatores específicos do local, aumentam a capacidade de priorizar e planejar ações de redução do risco para a segurança de barragens.

124. O programa de segurança de barragens do USACE usa uma abordagem baseada no risco para administrar seu portfólio de 694 barragens, tendo a segurança da população como prioridade número um. Esse robusto processo de avaliação do risco foi adaptado para elaborar avaliações equilibradas e fundamentadas sobre a segurança de suas barragens e para avaliar, priorizar e justificar decisões sobre a segurança das barragens. É vital focar na segurança da população, exigindo também inspeções e avaliações contínuas e periódicas do projeto. O programa de segurança de barragens procura garantir que as barragens do USACE e/ou operados por ele não apresentem riscos inaceitáveis a pessoas, bens ou o ambiente, com ênfase nas pessoas. O USACE aprendeu muito sobre suas barragens por meio de uma triagem inicial de seu portfólio. O mais importante, porém, é o aprendizado sobre como ajustar e afinar o programa continuamente.

125. Desde 2005, o USACE passou rapidamente de uma abordagem baseada somente em normas para seu programa de segurança de barragens, para uma abordagem de gestão do risco para seu portfólio de barragens. A abordagem baseada em normas ou em diretrizes essenciais faz parte da abordagem baseada no risco do programa de segurança de barragens e as decisões do programa hoje são baseadas no risco. Uma das bases para as decisões e priorizações do trabalho baseado no risco é pensar na produção de diretrizes de riscos toleráveis, após a implantação de medidas para a redução dos riscos. Além disso, é preciso reconhecer que outros fatores não quantitativos influenciarão a tomada das decisões práticas no programa de segurança de barragens.

126. O processo geral de gestão do risco para o portfólio das barragens do USACE consiste em uma série de atividades hierárquicas usadas para avaliar, classificar (Classe de Ação da Segurança de Barragens) e administrar os riscos associados ao inventário de barragens do USACE. A documentação hierárquica, gerada pelo processo de gestão do risco do portfólio,

documenta as decisões do USACE sobre a avaliação e gestão do risco para cada comunicação de risco sobre uma barragem e suas instalações.

127. O conjunto de documentos é composto pelos relatórios gerados pelas atividades normais de operações e manutenção (O&M) e pelos documentos gerados quando o USACE responde a um problema de segurança de barragem. Os relatórios rotineiros e cotidianos de segurança de barragens e de O&M são as inspeções e avaliações periódicas, planos de gestão hídrica ou de reservatórios, planos gerais de O&M, planos de ação de emergência e planos e relatórios sobre instrumentação, monitoramento e avaliações. Os documentos gerados ao responder a um problema de segurança de barragem são o Relatório de Avaliação do Risco para a Triagem do Portfólio, os Planos de Medidas Interinas para a Redução de Riscos, os Relatórios de Estudos sobre a Avaliação de Problemas e os Relatórios de Modificações para a Segurança de Barragens.

128. O Sistema Classificação de Ações para a Segurança de Barragens (DSAC) oferece diretrizes consistentes e sistemáticas para ações apropriadas em resposta a problemas em segurança de barragens e deficiências nas barragens do USACE. As barragens do USACE são enquadradas em uma pontuação DSAC com base na probabilidade de ruptura e nas consequências potenciais com relação à segurança de vidas, econômicas, ambientais ou outras. Até passar por uma avaliação completa, nenhuma barragem é considerada como DSAC V (normal – segurança adequada). Assim, todas as barragens foram inicialmente classificadas como DSAC I a IV (insegura a marginalmente segura). A intenção é que a classificação de uma barragem seja dinâmica ao longo do tempo, mudando com as modificações nas características do projeto ou quando surgem informações mais refinadas, que afetem a carga, probabilidade de ruptura ou consequências de uma ruptura. Na Tabela 24 está apresentado o DSAC.

**Tabela 24- Sistema de Classificação de Ações para a Segurança de Barragens**  
(USACE, ER 1110-2-1156, Segurança de Barragens – Políticas e Procedimentos, versão 2012)

Classe de Ação de Segurança de Barragem	Características desta classe	Ações para barragens nesta classe
<b>I URGENTE E CONVINCENTE</b> (Insegura)	<b>CRITICAMENTE PRÓXIMA À RUPTURA</b> Progressão confirmada para a ruptura durante operações normais. Quase inevitável a ruptura em condições normais, desde imediatamente até dentro de poucos anos, se não houver intervenção. <b>OU RISCO EXTREMAMENTE ALTO</b> Combinação extremamente forte de consequências para vidas ou bens, com probabilidade de ruptura.	Agir imediatamente para evitar ruptura. Executar medidas interinas para reduzir riscos, inclusive restrições operacionais, garantir a atualidade do plano de ação de emergência e testá-lo funcionalmente para iniciar um evento. Intensificar atividades de monitoramento e de avaliação. Agilizar pesquisas para justificar remediação, usando todos os recursos e financiamento necessários. Iniciar atividade intensiva de relatórios gerenciais e de situação.
<b>II URGENTE</b> (Insegura ou potencialmente insegura)	<b>PREVISÃO DE INÍCIO DE RUPTURA</b> Para problemas confirmados (insegura) e não confirmados (potencialmente insegura) de segurança de barragem, uma ruptura poderia começar durante operações normais ou ser iniciada como consequência de um evento. A probabilidade de ruptura por um desses eventos, antes da remediação, é excessivamente alta para garantir a segurança da população. <b>OU RISCO MUITO ALTO</b> A combinação de consequências para vidas ou a economia, com a probabilidade de ruptura, é muito alta.	Executar medidas interinas para reduzir riscos, inclusive restrições operacionais quando justificadas, e garantir a atualidade do plano de ação de emergência e testá-lo funcionalmente para iniciar um evento. Intensificar atividades de monitoramento e de avaliação. Agilizar a confirmação da classificação. Priorizar ao máximo as pesquisas para justificar remediação.
<b>III ALTA PRIORIDADE</b> (Condicionalmente insegura)	<b>RISCO SIGNIFICATIVAMENTE INADEQUADO, OU MODERADO A ALTO</b> Para problemas confirmados e não confirmados de segurança da barragem, a combinação de consequências para a vida, economia e ambiente, com a probabilidade de ruptura, é de moderada a alta.	Executar medidas interinas para reduzir riscos, inclusive restrições operacionais quando justificadas, e garantir a atualidade do plano de ação de emergência e testá-lo funcionalmente para iniciar um evento. Intensificar atividades de monitoramento e de avaliação. Priorizar pesquisas para justificar remediação, considerando as consequências e outros fatores.
<b>IV PRIORIDADE</b> (Marginalmente segura)	<b>INADEQUADO COM BAIXO RISCO</b> Para problemas confirmados e não confirmados de segurança da barragem, a combinação de consequências para a vida, economia e ambiente, com a probabilidade de ruptura, pode não atender todas as diretrizes essenciais do USACE.	Intensificar atividades de monitoramento e de avaliação. Prioridade normal a pesquisas para validar a classificação, mas sem planos para medidas de redução de riscos nesse momento.
<b>V NORMAL</b> (Segurança adequada)	<b>ADEQUADAMENTE SEGURA</b> A barragem é considerada adequadamente segura, atendendo todas as diretrizes essenciais do USACE e sem problemas confirmados de segurança da barragem. <b>E O RISCO RESIDUAL É CONSIDERADO TOLERÁVEL</b>	Continuar as atividades normais de segurança da barragem, com operações e manutenção normais.

\* A qualquer momento, para eventos específicos, uma barragem de qualquer classe de ação pode virar uma emergência, exigindo a ativação do plano de emergência.

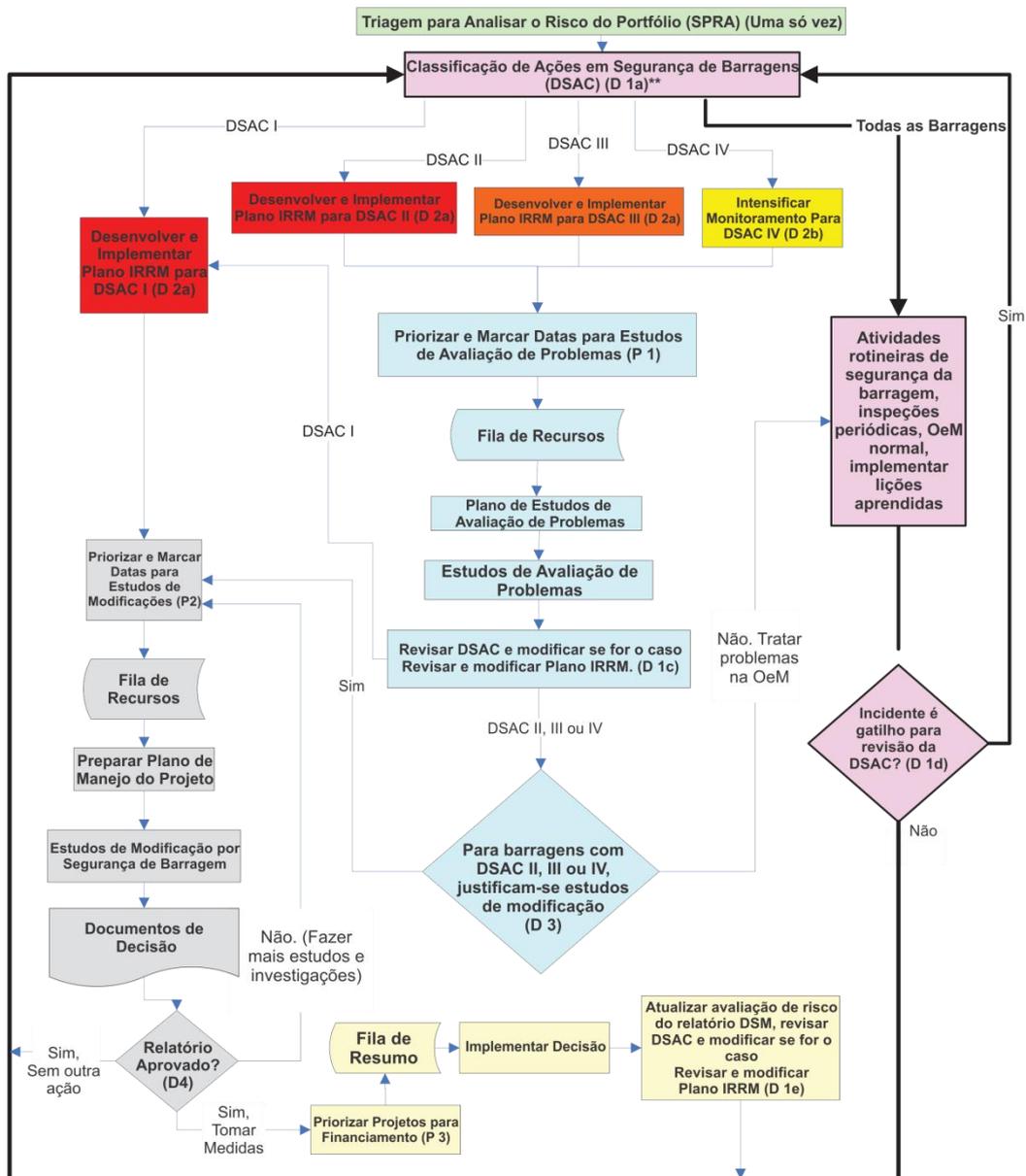
129. Nos programas dos estados, o ambiente regulatório determinístico produziu um imenso inventário de barragens que não cumprem com os critérios de projeto para suas classes de dano potencial. É por isso principalmente que os reguladores estaduais começam a examinar a lógica baseada no risco para avaliar, gerenciar e comunicar seus programas de segurança de barragens. A FEMA trabalha há cinco anos com o setor privado para desenvolver uma ferramenta para os reguladores estaduais de segurança de barragens usarem na priorização baseada no risco na segurança de barragens. Os objetivos de tal ferramenta de risco são basicamente:

- a. Identificar as barragens no grande inventário que precisam de atenção com a maior urgência, e então alocar os recursos necessários.
- b. Melhorar a compreensão dos fatores que mais contribuem para o risco em cada barragem.
- c. Estabelecer um marco sistemático e racional para priorizar e comprometer recursos entre muitos problemas de segurança de barragens.
- d. Contar com uma medida quantificável do risco, para julgar a urgência de ações.
- e. Desenvolver meios para comunicar com eficácia uma situação de risco na segurança de barragens para os tomadores de decisão e os políticos, para impactar as prioridades de financiamento.
- f. Contar com uma metodologia consistente no país inteiro para os reguladores avaliarem a segurança das barragens.
- g. Consistência com os programas regulatórios normativos em cada estado. A ferramenta para a priorização de riscos em barragens não é um meio para julgar a tolerância da segurança de uma barragem.

130. Uma vez julgadas as prioridades, então a aceitação ou tolerância do risco vira uma questão para a adoção de políticas públicas, que variarão de um estado a outro. No mínimo, cada barragem teria que ser avaliada individualmente, em conformidade com normas determinísticas ou com uma avaliação detalhada do risco.

131. A Figura 7 apresenta um fluxograma sobre o Processo de Gestão do Risco para o Portfólio de Barragens. A figura incorpora todas as barragens do USACE nas várias etapas da gestão do risco para o portfólio de barragens.

Figura 7 – Processo do USACE de Gestão do Risco para a Segurança do Portfólio de Barragens (USACE, ER 1110-2-1156, Segurança de Barragens – Políticas e Procedimentos, versão 2012)



Os Pontos de Decisão são rotulados como (D x), os Pontos de Priorização são rotulados como (P x).

\* Os requisitos da Revisão por Pares Externos Independentes serão tratados por orientação no capítulo Modificação da Segurança de Barragens.

\*\* Independentemente da classificação pela DSAC, as barragens com consequências insignificantes, ou nenhuma, que romperem, serão consideradas exceções, serão marcadas como tais e ficarão isentas do processo de gestão do risco para o portfólio de barragens.

DSAC – Classificação de Ações em Segurança de Barragens (Dam Safety Action Classification)

SPRA – Triagem para Analisar o Rico do Portfólio ( Screening for Portfolio Risk Analysis)

IRRM – Medidas Interinas de Redução de Risco ( Interin Risk Reduction Meassures)

DSM – Monitoramento da Segurança de Barragnes ( Dam Safety Monitoring)

## 4. PRÁTICAS NACIONAIS NA CLASSIFICAÇÃO DE BARRAGENS

132. Apesar de a Lei brasileira ser recente, há no País uma rica história de barragens desde 1887, quando as primeiras foram construídas para a irrigação no nordeste pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e pelo extinto DNOS. Um dos maiores construtores e empreendedores de barragens no Brasil, o DNOCS hoje opera mais de 320 barragens. Desde os anos 60, o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB) é muito ativo na promoção de normas para a construção e segurança de barragens no país, por meio da publicação de estudos técnicos e do patrocínio de numerosas conferências nacionais e internacionais sobre a segurança de barragens. O CBDB representa o Brasil como membro do ICOLD. Em 1999, o Núcleo Regional de São Paulo do CBDB publicou o Guia Básico sobre Segurança de Barragens, em conformidade com as Diretrizes de Segurança de Barragens da Associação Canadense de Barragens (CDA). Essas diretrizes passaram a ser uma referência básica para empreendedores e engenheiros de barragens no Brasil.
133. Além do trabalho do CBDB, o Ministério da Integração Nacional (MI) publicou em 2002 o Manual de Segurança e Inspeções para Barragens, tomando como base o Guia Básico sobre Segurança de Barragens elaborada pelo CBDB. O Manual foi preparado para tratar os parâmetros estabelecidos de segurança de barragens em um guia básico para auxiliar órgãos oficiais vinculados ao MI e empreendedores de barragens existentes ou em construção, visando à operação e manutenção seguras de barragens. Outras entidades consultadas para a preparação desse manual foram o USBR, a CDA e a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH).
134. O referido manual contém o conjunto de diretrizes para a segurança de barragens, inclusive um sistema de classificação para categorizar as barragens de acordo com seu risco e danos potenciais. A COGERH e a Companhia de Engenharia de Recursos Hídricos da Bahia (CERB) também vêm promovendo a segurança de barragens há alguns anos em seus respectivos estados, dando ótimos exemplos a serem seguidos por outros estados. As duas entidades elaboraram sistemas de classificação de barragens que elas usam, junto com as inspeções periódicas de segurança de barragens, para identificar e priorizar medidas de remediação para suas barragens. Minas Gerais é outro estado que conta com um programa de segurança de barragens sólido, porém aplicável apenas às barragens de rejeitos minerais. As barragens de rejeitos, porém, não são tratadas neste relatório, apesar de serem reguladas pela Lei.

### 4.1. COGERH

135. Desde sua criação em 1993, a COGERH executa um sistema de gestão de recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) no estado do Ceará, complementando o monitoramento, a manutenção e a operação de obras hídricas. Hoje, a COGERH é responsável pela gestão e controle de mais de 90% da água do estado. Dentro da COGERH, a Gerência de Segurança e Infraestrutura Hídrica (GESIN) executa, analisa e planeja todos os requisitos para a manutenção da infraestrutura hídrica existente, para garantir boas condições operacionais. Desde o final dos anos 90, quando a COGERH criou um programa estadual de segurança de barragens gerenciado pela GESIN, este órgão incorporou em seu programa as inspeções periódicas e especiais, o monitoramento e a análise da instrumentação, a operação e manutenção do equipamento hidromecânico, a manutenção e medidas de remediação nas barragens e treinamento para o pessoal de campo e de escritório sobre a segurança de barragens. A COGERH hoje conta com um portfólio de 139 barragens

(71 estaduais, 62 federais, 4 municipais e 2 privadas), em 12 bacias hidrográficas do estado do Ceará.

136. Desde o ano 2000, a COGERH (por meio de gerências regionais, supervisionadas pela GESIN) realiza sistematicamente inspeções periódicas e o monitoramento da instrumentação. Como parte da metodologia usada em suas inspeções periódicas, a COGERH adotou o modelo de lista de verificação (*check list*), recomendada pelo Ministério da Integração Nacional. A lista de verificação contém a relação de todas as possíveis deficiências que podem ser encontradas nos vários componentes estruturais e operacionais das barragens, de modo a verificar, registrar, quantificar e classificar as deficiências potenciais. A lista de verificação para as inspeções é a base para os critérios de priorização usados pela COGERH para categorizar suas barragens com base no risco e fazer o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. A lista de verificação contém uma série de colunas junto a cada deficiência possível, divididas em três itens, que descrevem a possível deficiência: situação atual (ST), magnitude (MG) e nível de perigo (NP).
137. A Tabela 25 apresenta um exemplo de uma típica lista de verificação, para ilustrar os itens mencionados acima. A legenda para os itens ST, MG e NP se encontram na Tabela 26a. A descrição para o NP se encontra na Tabela 26b. Os inspetores observam a possível deficiência (que pode existir, ou não) do componente inspecionado, e marcam o espaço correspondente debaixo da ST, MG e NP pertinente da possível deficiência, como é apresentado na Tabela 27.

Tabela 25 – Trecho de uma Típica Lista de Verificação  
Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Ceará, Brasil

Localização/Anomalia		Situação atual (ST)								Magnitude (MG)			NP	
BARRAGEM														
Talude de Montante														
1	Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	2
2	Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	
3	Rachaduras/afundamentos (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI	I	P	M	G	3

NP = Nível de Perigo

Tabela 26– Descrição dos Pontos de uma Lista de Verificação para Inspeções  
Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Ceará, Brasil

Tabela 26a – Situação Atual do Item na Barragem e Magnitude de Deficiência

Situação Atual (ST)	Magnitude (MG)
NA – Não Aplicável	Insignificante (I) – Monitorada pela administração local.
NE – Não Existente	Pequena (P) – Resolvida pela própria administração local.
PV – Primeira Vez	Média (M) – Resolvida pela administração local com apoio da administração Regional.
DS – Desapareceu	Grande (G) – Resolvida pela administração regional com apoio da administração local.
DI – Diminuiu	
PC – Permaneceu Constante	
AU – Aumentou	
NI – Não Inspeccionado (Justificativa Requerida)	

Tabela 26b – Peso do nível de perigo

Nível de Perigo (NP)	Peso do nível de perigo.
Nenhum (0) – Não compromete a segurança da barragem. Mas pode ser entendida como descaso e má conservação.	0
Atenção (1) – Não compromete a segurança da barragem em curto prazo. Mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo.	1
Alerta (2) – Risco a segurança da barragem. Devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema.	4
Emergência (3) – Risco de Ruptura iminente. Situação fora de controle	9

Tabela 27 - Típica Lista de Verificação de uma Barragem  
Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Ceará, Brasil

Localização/Anomalia				
B.4	REGIÃO A JUSANTE DA BARRAGEM	ST	MG	NP
1	Construções irregulares próximas ao leito do rio	NE	-	-
2	Fuga d'água	NE	-	-
3	Erosão nas ombreiras	NE	-	-
4	Cavernas e buracos nas ombreiras	NE	-	-
5	Árvores/arbustos na faixa de 10m do pé da barragem	NE	-	-
B.5	INSTRUMENTAÇÃO	ST	MG	NP
1	Acesso precário aos instrumentos	NA	-	-
2	Piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	-	-
3	Marcos de recalque defeituosos	NA	-	-
4	Medidores de vazão de percolação defeituosos	NA	-	-
5	Falta de instrumentação	NA	-	-
6	Falta de registro de leituras da instrumentação	NA	-	-
7	Deficiência no poço de alívio	NA	-	-
C	SANGRADOURO/VERTEDOURO			-
C.1	CANAIS DE APROXIMAÇÃO E RESTITUIÇÃO	ST	MG	NP
1	Árvores e arbustos	PC	P	1
2	Obstrução ou entulhos	PC	M	1
3	Desalinhamento dos taludes e muros laterais	NA	-	-
4	Erosões ou escorregamentos nos taludes	PC	-	-
5	Erosão na base dos canais escavados	NE	-	-
6	Erosão na área à jusante (erosão regressiva)	PC	G	2
7	Construções irregulares (aterro, casa, cerca)	NE	-	-
C.2	ESTRUTURA FIXAÇÃO DA SOLEIRA	ST	MG	NP
1	Rachaduras ou trincas no concreto	PC	-	-
2	Ferragem do concreto exposta	NA	-	-
3	Deterioração da superfície do concreto	NE	-	-
4	Descalçamento da estrutura	NI	-	-
5	Juntas danificadas	NA	-	-
6	Sinais de deslocamentos das estruturas	NE	-	-
C.3	RÁPIDO/BACIA AMORTECEDORA	ST	MG	NP
1	Rachaduras ou trincas no concreto	NA	-	-
2	Ferragem do concreto exposta	NA	-	-
3	Deterioração da superfície do concreto	NA	-	-

138. A finalidade dos NPs é quantificar os níveis de perigo causados pelas deficiências e indicar os prazos necessários para corrigir ou repará-los. Usando os dados da lista de verificação da inspeção, as deficiências e os níveis de perigo são quantificados para cada barragem inspecionada e classificados em função do nível de perigo da barragem (NPB). O NPB é uma ferramenta que mede a vulnerabilidade estrutural e operacional. A metodologia estabelece a somatória dos produtos obtidos das ponderações aplicadas ao nível de perigo das deficiências e as quantidades de NPs encontradas na inspeção para cada barragem, como se vê na Tabela 28a. Os resultados obtidos do cálculo do NPB são classificados em função da gama de valores apresentados na Tabela 28b. A Tabela 28c mostra um exemplo do

cálculo para uma barragem, enquanto a Tabela 29 traz uma típica classificação de barragem baseada no NPB. Os reparos normalmente são priorizados começando com a barragem com o maior NPB. Note-se que este sistema de classificação é usado exclusivamente para categorizar as barragens com base nas condições atuais, sem considerar outros aspectos como vulnerabilidade ou consequências a jusante.

Tabela 28 – Sistema de Classificação de Riscos para Barragens  
Critérios utilizados atualmente pela COGERH  
Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Ceará, Brasil

Tabela 28a – Pesos das quantidades do Nível de Perigo (NP) presentes no *Check-List*

Quantidade de NP na lista de inspeção	Peso das quantidades
1-5	1
6-10	2
11-15	3
16-20	4
21-35	5
36-50	6

Tabela 28b – Prioridade de Intervenção de acordo com o Nível de Perigo da Barragem (NPB)

NPB		Prioridade de Intervenção
>30		Máxima
9-30	NP3	
	NP2	Média
<9		Mínima

Tabela 28c – Exemplo de Prioridade de Intervenção e Cálculo do Nível de Perigo da Barragem (NPB)

Barragem Poço Verde

Nível de Perigo da Anomalia (NP)	Peso do NP (a)	Quantidade de NP lista de Inspeção	Peso das Quantidades (b)	NPB = a x b
Nenhum (0)	0	0	0	0
Atenção (1)	1	7	2	2
Alerta (2)	4	23	5	20
Emergência (3)	9	1	1	9
Total da pontuação NPB				31
Prioridade de intervenção de acordo com o NPB				Máxima

Tabela 29 – Exemplo de Classificação Típica de Barragens com Base no NPB

Relatório Anual de Segurança de Barragens - Riscos e Inspeções 2010 -Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Ceará, Brasil

Barragem	Bacia Hidrográfica	Município	Proprietário	Capacidade (hm³)	Altura (m)	N.P.			NPB	
						1	2	3		
1	Poço Verde	Litoral	Itapipoca	Município	13,65	10,24	7	23	1	31
2	Trapiá I	Curu	Caridade	INCRA	2,01	11,31	12	14	2	24
3	Caracas	Curu	Cnindé	INCRA	9,63	13,00	6	11	1	23
4	Trapiá III	Coreaú	Coreaú	DNOCS	5,51	12,50	4	11	3	22
5	Do Coronel	Alto Jaguaribe	Antonina do Norte	Estado	1,77	12,01	1	14	1	22
6	Martinópole	Coreaú	Martinopole	Estado	23,20	12,86	6	4	1	15
7	Jatobá	Banabuiú	Milha	Particular	1,07	7,76	4	2	1	14
8	Valério	Alto Jaguaribe	Altaneira	Estado	2,02	16,23	0	5	1	13
9	Santa Maria	Médio Jaguaribe	Ererê	Estado	5,86	12,00	17	9	0	12
10	Quandú	Litoral	Itapipoca	Estado	4,00	19,64	9	8	0	10
11	Poço da Pedra	Alto Jaguaribe	Campos Sales	DNOCS	52,00	22,53	3	7	0	9
12	Vieirão	Banabuiú	Boa Viagem	Estado	20,96	19,33	3	6	0	9
13	Tijuquinha	Metropolitanas	Baturité	Estado	0,97	19,37	24	5	0	9
14	Penedo	Metropolitanas	Maranguape	Estado	2,41	12,19	22	4	0	9
15	São Domingos	Curu	Caridade	Município	3,04	13,58	0	8	0	8
16	Adauro Bezerra	Médio Jaguaribe	Pereiro	Estado	5,25	12,85	19	2	0	8
17	Rivaldo de Carvalho	Alto Jaguaribe	Catarina	Estado	19,52	18,23	18	1	0	8
18	Trapiá II	Banabuiú	Pedra Branca	Estado	18,19	24,66	11	5	0	7
19	Amanary	Metropolitanas	Maranguape	Estado	11,01	11,84	11	5	0	7
20	Castro	Metropolitanas	Itapiúna	Estado	63,90	22,06	15	3	0	7
21	Souza	Curu	Canindé	Estado	30,84	20,30	6	4	0	6

139. Dois outros critérios de avaliação desenvolvidos no passado pela COGERH são: (a) o índice de vulnerabilidade e (b) a matriz de risco. Os dois são análogos à definição de risco, que é basicamente o produto da probabilidade de ruptura multiplicada pelas consequências associadas, causadas por uma ruptura. No primeiro critério, o índice de vulnerabilidade ( $I_v$ ) é obtido multiplicando o nível de perigo (NPB, obtido na metodologia de inspeção descrita acima), que representa a probabilidade de uma ruptura, pela capacidade do reservatório, que presumivelmente será proporcional aos custos das consequências.

140. Os valores empregados no produto são baseados nas ponderações dadas pela Tabela 30a. As faixas para os valores  $I_v$  e a classificação correspondente da barragem aparecem na Tabela 30b. É fácil aplicar este critério que, no entanto, fica limitado por considerar uma capacidade fixa de armazenamento, que pode não representar a cota do reservatório no dia da inspeção. Além disso, o volume do reservatório não é proporcional às consequências a jusante, já que outros fatores, como a altura da barragem, podem ter um grande impacto na magnitude das perdas.

Tabela 30 – Critérios de Risco para Barragens (Índice de Vulnerabilidade)  
 Critérios não mais utilizados pela COGERH  
 Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Ceará, Brasil

Tabela 30a – Pesos da Capacidade do Reservatório e do NPB

Capacidade do Reservatório (hm <sup>3</sup> )	Peso da Capacidade	Nível de Perigo da Barragem (NPB)	Peso NPB
0 – 5	1	0	0
5 – 10	1,5	1 – 5	1
10 – 17,5	2	5 – 10	1,5
17,5 – 25	2,5	10 – 15	2
25 – 37,5	3	15 – 20	2,5
37,5 – 50	3,5	20 -25	3
50 – 62,5	4	25 – 30	3,5
62,5 – 75	4,5	30 – 35	4
75 – 87,5	5	35 – 40	4,5
87,5 – 100	5,5	40 – 45	5
100 – 125	6	45 – 50	5,5
125 – 150	6,5	50 – 55	6
150 – 225	7	55 – 58	6,5
225 – 300	7,5	58 – 61	7
300 – 450	8	61 – 63	7,5
450 – 600	8,5	63 – 66	8
600 – 1.400	9	66 – 69	8,5
1400 – 2.200	9,5	69 – 72	9
2.200 – 6.700	10	72 – 74	9,5
		74 - 76	10

Tabela 30b – Critério de Classificação pelo Índice de Vulnerabilidade (I<sub>v</sub>)

Índice de Vulnerabilidade (I <sub>v</sub> )	Classificação
0	Nula (N)
1 – 2,5	Muito Baixo (MB)
2,6 – 4	Baixo (B)
4,1 – 8	Regular (R)
8,1 – 25	Alto (A)
>25	Muito Alto (MA)

141. A segunda metodologia estima o potencial de risco (PR) baseado em uma matriz de avaliação do PR para três parâmetros: periculosidade/características técnicas (P), vulnerabilidade (V) e importância estratégica (I). P e V se baseiam na informação técnica sobre a estrutura, nas condições observadas e avaliadas durante as inspeções e na documentação disponível, confiabilidade e idade. O valor do PR é obtido pela seguinte equação:  $PR = [(P + V)/2](I)$ . As faixas dos valores P, V e I mais os valores estimados do PR com a classificação correspondente da barragem (no caso de empate, a capacidade do reservatório prevalece), aparecem nas Tabelas 31a e 31b. Este conceito é mais realista, porque considera a maioria dos aspectos importantes de uma barragem para fixar uma classificação baseada no risco. A metodologia do PR da COGERH é descrita e apresentada no Manual de Segurança e Inspeções para Barragens, publicado pelo Ministério da Integração Nacional. Esta metodologia, quando usada com cautela e responsabilidade, parece ser um guia excelente para classificar barragens com base tanto nos pontos fortes e fracos

estruturais documentados, como no potencial de perigo representado pelas consequências a jusante (às vezes a montante) das barragens. É possível que outros órgãos além da COGERH ainda não tenham usado essa metodologia. Sua validade poderá ainda ter que ser provada e ajustada, se for o caso. Todas as ponderações para obter os valores P, V e I e a classificação baseada nas faixas do PR, são apresentadas nas Tabelas 32 a 35.

Tabela 31 – Critérios de Risco para Barragens (Matriz de Risco)  
Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Ceará, Brasil

Tabela 31a –Periculosidade (Características Técnicas)

Classe	P
Baixa	$< 10$
Baixa a Moderada	$10 \leq P < 20$
Significativa	$20 \leq P < 30$
Elevada	$P \geq 30$

Tabela 31b – Vulnerabilidade

Classe	V
Muito Baixa	$< 5$
Baixa a Moderada	$5 \leq V < 20$
Moderada	$20 \leq V < 35$
Elevada	$V \geq 35$

Tabela 31c – Importância

Classe	I
Pequena	$1 \leq I < 1,25$
Média	$1,25 \leq I < 1,5$
Grande	$I \geq 1,5$

Tabela 31d – Potencial de Risco

Classe	PR
Muito Baixo	$< 15$
Baixo	$15 - 25$
Normal	$25 - 40$
Médio	$40 - 65$
Alto	$\geq 65$

Tabela 32 – Matriz Potencial de Risco – Periculosidade/Características Técnicas (P)  
Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, Ministério da Integração Nacional, Brasil

Dimensão da Barragem (m) (a)	Vol. Total do Reservatório (hm <sup>3</sup> ) (b)	Tipo de Barragem (c)	Fundação (d)	Vazão de Projeto (e)
Altura ≤ 10 e Comprimento ≤ 200 (1)	Pequeno < 20 (3)	Concreto (4)	Rocha (1)	Decamilenar (1)
10 < Altura < 20 e Comprimento ≤ 200 (3)	Médio até 200 (5)	Alvenaria de Pedra/Concreto rolado (6)	Rocha Alterada Saprolito (4)	Milenar (2)
20 ≤ Altura ≤ 50 ou Comprimento 200 a 3000. (6)	Regular 200 a 800 (7)	Terra Enrocamento (8)	Solo Residual/ Aluvião até 4m (5)	500 anos (4)
Altura > 50 e Comprimento > 500 (10)	Muito Grande > 800 (10)	Terra (10)	Aluvião Arenoso Espesso/ Solo Orgânico (10)	Inferior a 500 anos ou Desconhecida (10)

Notas:

(1) Se a vazão for desconhecida, deverá ser reavaliada, independentemente da pontuação

(2)  $P = \sum(a \text{ até } e)$

Periculosidade (P)	
Classe	P
Baixo	< 10
Baixo a Moderado	$10 \leq P < 20$
Significativo	$20 \leq P < 30$
Elevado	$P \geq 30$

**Tabela 33 - Matriz Potencial de Risco – Vulnerabilidade (V)**  
Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, Ministério da Integração Nacional, Brasil

Tempo de Operação (f)	Existência de Projeto ( <i>As Built</i> ) (g)	Confiabilidade das Estruturas Vertedouras (h)	Tomada de Água (i)	Percolação (j)	Deformações Afundamentos, Assentamentos (k)	Deterioração dos Taludes/ Paramentos (l)
> 30 anos (0)	Existem <i>as built</i> Projetos e Avaliação do Desempenho (1)	Muito Satisfatória (2)	Satisfatória Controle a montante (1)	Totalmente Controlada pelo Sistema de drenagem (1)	Inexistente (0)	Inexistente (1)
De 10 a 30 anos (1)	Existem Projetos e <i>as built</i> (3)	Satisfatória (3)	Satisfatória Controle a jusante (2)	Sinais de umedecimento nas áreas de jusante, taludes ou ombreiras (4)	Pequenos abatimentos da crista (2)	Falhas no rip-rap e na proteção de jusante (3)
De 5 a 10 anos (2)	Só projeto básico (5)	Suficiente (6)	Aceitável (3)	Zonas úmidas em taludes de jusante, ombreiras, área alagada a jusante devido ao fluxo (6)	Ondulações pronunciadas, fissuras (6)	Falha nas proteções, drenagens insuficientes e sulcos nos taludes (7)
< 5 anos (3)	Não existe projeto (7)	Não satisfatório (10)	Deficiente (5)	Surgência de água em taludes ombreiras e área de jusante (10)	Depressão na crista, afundamento nos taludes, ou na fundações (10)	Depressão no rip-rap Escorregamento sulcos profundos de erosão, vegetação (10)

Notas:

- (1) Pontuação (10) em qualquer coluna implica intervenção na barragem, a ser definida com base em inspeção especial.  
 (2)  $V = \sum(f \text{ até } l)$

Vulnerabilidade (V)	
Classe	V
Muito baixa	< 5
Baixa a Moderada	$5 \leq V < 20$
Moderada a Elevada	$20 \leq V < 35$
Elevada	$\geq 35$

**Tabela 34 – Matriz Potencial de Risco – Importância (I)**  
Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, Ministério da Integração Nacional, Brasil

Volume Útil, hm <sup>3</sup> (m)	População a jusante (n)	Custo da barragem (o)
< 200 baixo (1)	Pequena (1)	Pequeno (1)
200 a 800 Médio (1,5)	Média (2)	Médio (1,2)
> 800 Grande (2)	Grande (2,5)	Elevado (1,5)

Notas:

- (1) Pontuação (10) em qualquer coluna implica intervenção na barragem, a ser definida com base em inspeção especial.  
(2)  $I = \sum(m \text{ até } o)/3$

Importância (I)	
Classe	I
Pequeno	$1 \leq I < 1,25$
Médio	$1,25 \leq I < 1,5$
Grande	$I \geq 1,5$

**Tabela 35 - Matriz Potencial de Risco**  
Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, Ministério da Integração Nacional, Brasil

Classe	Potencial de Risco (PR)
A	>65 (ou V = 10) Alto
B	40 a 65 Médio
C	25 a 39 Normal
D	15 a 24 Baixo
E	< 15 Muito Baixo

Notas:

- (1) Barragens com PR acima de 55 devem ser reavaliadas por critérios de maior detalhe.  
(2) Barragens incluídas na Classe A exigem intervenção, a ser definida com base em inspeção especial.  
(3)  $PR = (P + V)/2(I)$

## 4.2. CERB (Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia)

142. Bem recentemente, foi criada a Coordenação de Segurança de Barragens (COSB), que faz parte da Diretoria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da CERB, para coordenar a segurança das barragens no estado da Bahia. Dentre suas competências, as principais atividades da COSB são: (a) assegurar a construção de novas barragens segundo critérios de projeto em conformidade com procedimentos de construção para a segurança de barragens, (b) realizar visitas técnicas a barragens e avaliar/interpretar o monitoramento da instrumentação, (c) planejar intervenções relevantes em barragens com base nos resultados de inspeções, (d) realizar a gestão do risco de barragens existentes e em construção por meio de ações em conformidade com as diretrizes e recomendações técnicas, (e) estabelecer medidas visando à prevenção e mitigação de incidentes e acidentes, (f) realizar inspeções visuais de barragens, usando uma lista de verificação para diagnosticar situações que possam resultar em incidentes ou acidentes com rupturas catastróficas e (g) preparar um plano de segurança de barragens e atualizá-lo permanentemente com os resultados de inspeções, regulações operacionais, liberações de água e PAEs.
143. A ferramenta de manejo do risco que a CERB implantou para determinar um índice de desempenho de suas barragens se baseia na matriz GUT, no método 5W2H e em um novo programa de computador chamado IDAMS. A matriz GUT foi desenvolvida para priorizar a solução de problemas e tomada de decisões, considerando os seguintes parâmetros: Gravidade, Urgência e Tendência (G-U-T). A gravidade é o impacto do problema, a urgência é o tempo necessário para resolver o problema e a tendência é o potencial de agravamento do problema. A cada problema é atribuída uma pontuação de 1 a 5 para cada um dos três parâmetros. As três pontuações de cada problema são multiplicadas pelas outras ( $G \times U \times T$ ). Ao problema com a maior pontuação GUT é dada a primeira prioridade.
144. O método 5W2H, por outro lado, é uma ferramenta de planejamento com uma série de colunas encabeçadas com as seguintes perguntas: o que, por que, quem, onde, quando, como e quanto. A GUT é usada para priorizar as deficiências encontradas e avaliadas na inspeção e o método 5W2H é usado para o plano de ação a partir dessas deficiências. O índice de desempenho é determinado somando o número de ações realizadas mais o número de ações em andamento e o total é dividido pelo número de ações recomendadas. Os produtos da GUT são relacionados a graus de hierarquização (GH) ou a prazos para a execução de cada ação recomendada. Um exemplo da CERB que ilustra o uso da matriz GUT e do índice de desempenho é apresentado na Tabela 36. As tabelas ilustrando o grau de hierarquização, os índices de desempenho e a relação entre graus de hierarquização e o nível de intervenção estão na Tabela 37. Já a Tabela 38 mostra um exemplo típico de um plano de ação usando o método 5W2H.

Tabela 36 – Exemplo de Lista de Verificação com Valores GUT, Graus de Hierarquização e Índice de Desempenho Ambiental  
 Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia (CERB), Brasil

MATRIZ GUT										
Preenchimento: Inserir as anomalias e/ou problemas, na coluna em verde e assinalar a pontuação correspondente às colunas G, U e T, de acordo com, a classificação ao lado. A coluna que indica a prioridade é computada automaticamente. Ao final, basta clicar no filtro que classifica a pontuação do maior para o menor, facilitando a visualização das anomalias e/ou problemas consideradas de maior prioridade.						Grau de Hierarquização	ÍNDICE DE DESEMPENHO = (Nº. DE AÇÕES EXECUTADAS + Nº. DE AÇÕES EM ANDAMENTO)/Nº. AÇÕES RECOMENDADAS			
ITEM	ANOMALIA E/OU PROBLEMA	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA	PONTUAÇÃO (GxUxT)	GH	AÇÃO EXECUTADA	AÇÃO EM ANDAMENTO	AÇÃO PROGRAMADA	AÇÃO SEM PREVISÃO
1	Presença de Trincas Transversais no Talude de Jusante, de curta extensão e profundidade	3	5	4	60	CURTO PRAZO		1		
2	Presença de Trincas Longitudinais no Talude de Jusante, de curta extensão e profundidade.	3	5	4	60	CURTO PRAZO		1		
3	Presença de Cavidades de Dimensões Variadas, localizadas abaixo das canaletas de drenagem superficiais, implantadas nas bermas superior e inferior do talude de jusante.	3	5	4	60	CURTO PRAZO		1		
4	Presença de “cupinzeiros” - dezenas	3	3	3	27	MÉDIO PRAZO	1			
5	Surgência de água na base do talude de jusante (o aterro encontra-se bastante encharcado e amolecido), próximo ao contato solo / laterita (trecho próximo ao aterro de ligação com o muro direito da estrutura do sangradouro)	3	4	4	48	CURTO PRAZO			1	
6	Erosão localizada e em evolução, no trecho do talude de jusante localizada na parte inferior e próximo da galeria de inspeção. A erosão é provocada pela reversão do jato de água liberado pela operação da válvula dispersora, cuja ação se agrava para condição inferior a 30%	3	5	5	75	CURTO PRAZO				1

Continuação Tabela 36

Preenchimento: Inserir as anomalias e/ou problemas, na coluna em verde e assinalar a pontuação correspondente às colunas G, U e T, de acordo com a classificação ao lado. A coluna que indica a prioridade é computada automaticamente. Ao final, basta clicar no filtro que classifica a pontuação do maior para o menor, facilitando a visualização das anomalias e/ou problemas considerados de maior prioridade.						Grau de Hierarquização	ÍNDICE DE DESEMPENHO = (Nº. DE AÇÕES EXECUTADAS + Nº. DE AÇÕES EM ANDAMENTO)/Nº. AÇÕES RECOMENDADAS			
ITEM	ANOMALIA E/OU PROBLEMA	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA	PONTUAÇÃO (GxUxT)	GH	AÇÃO EXECUTADA	AÇÃO EM ANDAMENTO	AÇÃO PROGRAMADA	AÇÃO SEM PREVISÃO
7	Condição de restrição de abertura da válvula dispersora, imposta por problema de natureza mecânica. Risco de comprometimento da capacidade de liberação de água, na eventualidade de elevação do NA, acima da cota máxima.	3	4	4	48	CURTO PRAZO		1		
8	Risco de dano da válvula dispersora e, conseqüentemente, de imposição de medidas que impliquem em seu fechando ou falta de controle na liberação de água.	3	4	4	48	CURTO PRAZO		1		
9	Mal funcionamento e de condição de leitura da instrumentação instalada na barragem. Com destaque para os medidores de recalques magnéticos (MR) e dos marcos superficiais (MS) – Solicitado a aquisição de equipamentos especializados para a realização das leituras	3	3	3	27	MÉDIO PRAZO			1	
10	Condição de leitura dos instrumentos piezômetros – Solicitado a aquisição de medidor de Nível D'água (pio).	3	3	3	27	MÉDIO PRAZO			1	
11	Extração de corpos de Prova da parede da galeria, para realização de ensaios de RAA – reatividade Alcalis Agregado.	2	3	2	12	LONGO PRAZO				1
							1	5	3	2
						TOTAL	6		TOTAL	11
								ID=55	REGULAR	

Tabela 37 – Graus de Hierarquização, Índice de Desempenho e Níveis de Desempenho  
 Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia (CERB), Brasil

GRAU DE HIERARQUIZAÇÃO (GH)	PERÍODO (DIAS)
IMEDIATO: $GH \geq 60$	15
CURTO PRAZO: $40 < GH < 60$	30
MÉDIO PRAZO: $25 < GH \leq 40$	45
LONGO PRAZO: $GH \leq 25$	60

EQUIVALÊNCIA

ÍNDICE DE DESEMPENHO (ID)
MUITO BAIXO: $ID \leq 25\%$
BAIXO: $25\% < ID \leq 50\%$
REGULAR: $50\% < ID \leq 75\%$
BOM: $75\% < ID \leq 90\%$
MUITO BOM: $ID > 90\%$

↓

**ID = 55**  
**REGULAR**



GRAU DE HIERARQUIZAÇÃO	NÍVEL DE INTERVENÇÃO
IMEDIATO	EMERGÊNCIA
CURTO PRAZO	ALERTA
MÉDIO PRAZO	ATENÇÃO
LONGO PRAZO	ATENÇÃO

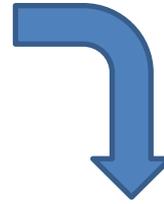


Tabela 38 – Exemplo de Lista de Verificação com Plano de Ação Típico  
 Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia (CERB), Brasil

ITEM	ANOMALIA E/OU PROBLEMA	O que Fazer?	Como Fazer?	Quem irá Fazer?	Quando	Onde	Por que Fazer?	Situação Atual	OBS.
					(Horizonte)				
1	Presença de Trincas Transversais no Talude de Jusante, de curta extensão e profundidade.	Obturar as trincas e/ou fendas com calda de água + solo + cimento (20% em volume) + Bentonita (máx: 1% em volume)	Injetar a calda por gravidade observando a sua condição de penetrabilidade. Caso apresente sinais de retração e/ou de não aderência as paredes das trincas; rever o traço da calda	DBAR (1) por administração direta e/ou através de contratação terceirizada	CURTO PRAZO	Talude de Jusante	Trata-se de uma anomalia que pode evoluir para uma condição de risco para a integridade da estrutura da barragem	Serviço em andamento, segundo informação do DBAR	
2	Presença de Trincas Longitudinais no Talude de Jusante, de curta extensão e profundidade	Obturar as trincas e/ou fendas com calda de água + solo + cimento (20% em volume) + Bentonita (máx: 1% em volume)	Injetar a calda por gravidade, observando a sua condição de penetrabilidade. Caso apresente sinais de retração e/ou de não aderência as paredes das trincas; rever o traço da calda.	DBAR por administração direta e/ou através de contratação terceirizada.	CURTO PRAZO	Talude de jusante + canaletas de drenagens (bermas)	Trata-se de uma anomalia que pode evoluir para uma condição de risco para a integridade da estrutura da barragem	Serviço em andamento segundo informação do DBAR	
3	Presença de Cavidades de Dimensões Variadas, localizadas abaixo das canaletas de drenagens superficiais, implantadas nas bermas superior e inferior do talude de jusante.	Obturar as trincas e/ou fendas com calda de água + solo + cimento (20% em volume) + Bentonita (máx: 1% em volume)	Injetar a calda por gravidade, observando a sua condição de penetrabilidade. Caso apresente sinais de retração e/ou de não aderência as paredes das trincas; rever o traço da calda.	DBAR por administração direta e/ou através de contratação terceirizada.	CURTO PRAZO	Talude de Jusante	Trata-se de uma anomalia que pode evoluir para uma condição de risco para a integridade da estrutura da barragem; sendo um processo potencializado da formação de “piping”, cujo mecanismo é de grande risco para as barragens de terra.	Serviço em andamento, segundo informação do DBAR	
4	Presença de “cupinzeiros” - dezenas	Tratamento prévio com defensivo autorizado e remoção da estrutura remanescente, com preenchimento da cava	Executar furo na parte central do cupinzeiro e inserir o defensivo. Após confirmada a eliminação dos cupins, proceder da mesma forma a partir do nível do terreno (após remoção do cupinzeiro).	DBAR por administração direta e/ou através de contratação terceirizada.	MÉDIO PRAZO	Talude de Jusante + canaletas de drenagens (bermas)	Trata-se de uma anomalia que pode evoluir para uma condição de risco para a integridade de estrutura da barragem	Serviço previsto, mas sem data estipulada, segundo DBAR.	
5	Surgência de água na base do talude de jusante (o aterro encontra-se bastante encharcado e amolecido), próximo ao contato solo / laterita (trecho próximo ao aterro de ligação com o muro direto da estrutura do sangradouro.	Executar dreno tipo trincheira, com a adição de tubos drenantes na base, para efeito de controle do fluxo de água percolada. Observar detalhes já fornecidos pela COSB.	Escavar valeta e implantar o sistema de drenagem constituído de: tubo perfurado, envolto por manta BDM, seguido do preenchimento da valeta com brita.	DBAR por administração direta e/ou através de contratação terceirizada.	CURTO PRAZO	Talude de jusante. Trecho baixo, próximo ao contato entre o aterro e a camada de laterita.	Conforme já reiterado por várias vezes, essa condição poderá evoluir para uma situação de escorregamento localizado do aterro (neste trecho), potencializando o risco de instabilização de talude de jusante.	Serviço previsto, mas, sem data estipulada, segundo DBAR.	

Nota: (1) DBAR Departamento de Barragens da CERB

145. Hoje, a CERB usa o software IDAMS, que pode manipular dados de instrumentação, inspeções e análises de risco até 20 vezes mais rapidamente do que os meios atuais usados na preparação e apresentação de relatórios. Com a análise de risco baseada em resultados de inspeções e inserida no IDAMS junto com os dados de instrumentação, o programa gera categorias (um total de cinco) sobre probabilidade e também sobre consequências, que são plotadas com um código de cores (azul marinho, azul claro, amarelo, laranja e vermelho, na ordem do risco menor para o maior) em uma matriz de risco da probabilidade versus consequências. A matriz de risco IDAMS é apresentada na Tabela 39.

Tabela 39 – Exemplo de Matriz Gerada pelo Software IDAMS  
Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia (CERB), Brasil

		PROBABILIDADE				
		IMPROVÁVEL	BAIXA	MODERADA	ALTA	ESPERADA
CONSEQUENCIA	EXTREMA (K)	BT-ABT-001 BT-PER-001 BT-ETP-001 BT-PER-002 BT-ALD-001 BT-REC-001 BT-ABT-002 EX-ETP-002				
	ALTA					
	MODERADA		EX-ERS-003 EX-ERS-005	EX-OUT-001 RE-OUT-002	EX-ERS-004	
	BAIXA	BT-PER-003	BT-ERS-001 BT-ERS-002 BT-AUS-001	RE-OUT-003 VA-ERS-006		VA-ERS-007
	DESPREZÍVEL			EX-DGT-001 BT-ABT-0010		

Nota: Os valores preenchidos na tabela são referencias aos códigos dos equipamentos de instrumentação.

## 5. DISCUSSÃO

146. No contexto da segurança de barragens internacional, o sistema de classificação é usado para orientar a entidade fiscalizadora. A classificação também serve para determinar a conformidade com a regulação, critérios de fiscalização, marcação de revisões da segurança de uma barragem, periodicidade de inspeções, requisitos para a elaboração de PAEs e outras tarefas necessárias para assegurar a manutenção de um nível adequado de segurança. O objetivo principal é construir, operar e manter a barragem de modo que perdas causadas por uma ruptura hipotética não excedam os limites toleráveis ou aceitáveis. O grau de dano que a estrutura de uma barragem pode causar a jusante variará de acordo com o tamanho da estrutura, o volume de água contida e o tipo e extensão de desenvolvimento da onda de cheia jusante.
147. Todas as diretrizes que foram analisadas como parte desta avaliação são consistentes em um aspecto. A abordagem fundamental para a avaliação dos riscos de rompimento de barragens é que a avaliação do aumento do grau de exposição deve basear-se tanto no potencial de perda de vidas como no potencial de danos ambientais ou de propriedade à terceiros. Estes dois elementos são considerados de forma independente, com maior ênfase na perda de vidas.
148. Os sistemas internacionais de classificação de barragens, de vários países e estados/províncias, a maioria deles baseados em dano potencial ou em consequências incrementais, foram estudados neste documento para comparar práticas internacionais e extrair tanto os aspectos comuns quanto às diferenças entre seus respectivos critérios. Os países e estados ou províncias examinados foram selecionados em geral em função de sua experiência e progresso na arte e na ciência da segurança de barragens. A Tabela 40 apresenta um resumo das principais características de cada sistema. Todas as diretrizes revisadas como parte desta avaliação coincidem em um aspecto: a abordagem fundamental para avaliar os riscos da ruptura de barragens deve ser baseada tanto no potencial para a perda de vidas quanto no potencial para perdas crescentes de bens privados/públicos e para danos ambientais. Esses elementos são considerados de modo independente e com ênfase maior na exposição à perda de vidas (a segurança da população acima de tudo).
149. É importante notar que há uma diferença fundamental entre o dano potencial associado incremental e a categoria de consequências incrementais. Dano potencial é o potencial de perda de vidas e danos materiais em caso de rompimento de uma barragem. Em alguns casos, também são considerados danos ambientais, perturbação social e criticidade. Não é uma medida da adequação da barragem ou a probabilidade de rompimento de barragens. A abordagem se concentra em riscos a jusante e é comumente impulsionada por considerações sobre ameaça a vidas. Uma fraqueza dessa abordagem é que muitas vezes inclui barragens que representam um dano para apenas algumas pessoas na mesma categoria de barragens que representam um dano para dezenas de milhares.
150. Consequências incrementais são associadas a uma falha do projeto para proporcionar um nível de segurança planejado, adicionado a qualquer outro risco criado pelo projeto devido a uma falha. Ou seja, a diferença entre essas consequências associadas com o desempenho estimado do projeto com e sem ruptura, mau funcionamento do componente, ou um mau funcionamento da barragem.
151. A principal diferença entre classificações baseadas em dano e em consequência é que as primeiras requerem a eliminação do dano (por exemplo, ocorre mudando habitações afetadas antes de um evento) em oposição a mitigar os efeitos do dano (por exemplo, a

evacuação de pessoas de habitações afetadas depois que um evento ocorreu), a fim de mudar a classificação de barragem. Com esta importante diferença em mente, então, é possível comparar os diversos valores-limite que definem a classificação de dano potencial de uma barragem.

152. Quando uma barragem é classificada com base no dano potencial que representa, a classificação não muda, independentemente de medidas executadas para mitigar o risco. Por exemplo, se durante uma cheia há um risco incremental de inundação e perda de vidas, a barragem seria classificada como uma estrutura de alto dano potencial. Esta classificação não seria reduzida se medidas adequadas de aviso fossem tomadas de modo que todas as pessoas pudessem ser efetivamente evacuadas no caso de uma ruptura da barragem, porque a barragem ainda apresentaria o mesmo nível de dano potencial, sejam quais forem as medidas tomadas para reduzir a exposição. Esse é o caso dos sistemas adotados no Brasil, Argentina, Portugal, Espanha e praticamente todos os estados nos EUA, que se baseiam no sistema original publicado pela FEMA nos anos 90. Não são citados o USACE ou USBR neste contexto, porque essas agências hoje usam a metodologia de classificar suas barragens com base na avaliação do risco por portfólio, usando as consequências incrementais para rupturas induzidas por inundação.
153. No contexto da segurança de barragens internacional, o sistema de classificação é usado para orientar a entidade fiscalizadora. A classificação também serve para determinar a conformidade com a regulação, critérios de fiscalização, marcação de revisões da segurança de uma barragem, periodicidade de inspeções, requisitos para a elaboração de PAEs e outras tarefas necessárias para assegurar a manutenção de um nível adequado de segurança. O objetivo principal é construir, operar e manter a barragem de modo que perdas causadas por uma ruptura hipotética não excedam os limites toleráveis ou aceitáveis. O grau de dano que a estrutura de uma barragem pode causar a jusante variará de acordo com o tamanho da estrutura, o volume de água contida e o tipo e extensão de desenvolvimento da onda de cheia jusante.
154. Todas as diretrizes que foram analisadas como parte desta avaliação são consistentes em um aspecto. A abordagem fundamental para a avaliação dos riscos de rompimento de barragens é que a avaliação do aumento do grau de exposição deve basear-se tanto no potencial de perda de vidas como no potencial de danos ambientais ou de propriedade à terceiros. Estes dois elementos são considerados de forma independente, com maior ênfase na perda de vidas.
155. Os sistemas internacionais de classificação de barragens, de vários países e estados/províncias, a maioria deles baseados em dano potencial ou em consequências incrementais, foram estudados neste documento para comparar práticas internacionais e extrair tanto os aspectos comuns quanto às diferenças entre seus respectivos critérios. Os países e estados ou províncias examinados foram selecionados em geral em função de sua experiência e progresso na arte e na ciência da segurança de barragens. A Tabela 40 apresenta um resumo das principais características de cada sistema. Todas as diretrizes revisadas como parte desta avaliação coincidem em um aspecto: a abordagem fundamental para avaliar os riscos da ruptura de barragens deve ser baseada tanto no potencial para a perda de vidas quanto no potencial para perdas crescentes de bens privados/públicos e para danos ambientais. Esses elementos são considerados de modo independente e com ênfase maior na exposição à perda de vidas (a segurança da população acima de tudo).

156. Por outro lado, classificações baseadas em consequências podem variar se medidas forem tomadas para reduzir ou eliminar perdas incrementais resultantes de uma ruptura de barragem. Em comparação com o exemplo anterior da barragem classificada pelo dano potencial incremental, ações para assegurar a evacuação de moradores antes da chegada da onda de cheia em áreas povoadas eliminariam as consequências incrementais, e a classificação por consequências incrementais poderia ser reduzida de alta para significativa ou até para baixa. Esta diferença fundamental, no entanto, pode ser mitigada se o tempo de aviso for retirado da avaliação das consequências da ruptura.
157. Diretrizes canadenses e australianas fazem uso das consequências de rompimento de barragens para a classificação de barragem.
158. A maioria dos países analisa e estima os danos a montante, mas as consequências a jusante são geralmente muito maiores. Estimativa de danos a montante são geralmente mais aplicáveis a grandes barragens.
159. Québec e FEMA (diretrizes de classificação de dano potencial para entidades federais e estaduais) descrevem o conceito de cascata em suas diretrizes de classificação por dano potencial ou por consequências. No caso do Québec, que usa classificação baseada em consequência, se houver mais do que uma barragem localizada no mesmo curso de água a montante da barragem em questão, o fluxo a ser considerado na análise de ruptura da barragem é equivalente a barragem a montante com maior capacidade de descarga, considerando os fluxos locais e o encaminhamento de inundação pelas outras barragens. Esta regra também se aplica se as barragens a montante estiverem localizadas em diferentes cursos de água. No entanto, nesse caso, o fluxo que deve ser considerado é o fluxo total obtido pela adição, para cada curso de água, do fluxo equivalente à capacidade de descarga da barragem a montante com maior capacidade de descarga, considerando-se os fluxos locais e o encaminhamento de inundação.
160. No que diz respeito a FEMA, que utiliza a classificação baseada nos danos, se a ruptura ou mau funcionamento de uma barragem contribui para a ruptura de barragens a jusante, a classificação do dano potencial da barragem deve ser pelo menos tão alta quanto a classificação da barragem a jusante e deve considerar as consequências adversas incrementais de falhas em barragens em cascata.
161. Para efeito de definição na Tabela 40, residentes permanentes são pessoas que vivem em áreas potencialmente localizadas em zonas de inundação. Ocupantes temporários são pessoas que transitam ocasionalmente na área ou usuários do rio ou das terras a jusante por motivos de recreação ou de trabalho.

Tabela 40 – Comparação Internacional e Nacional dos Sistemas de Classificação de Dano Potencial

País ou Estado/Província	Classes ou Categorias	Nomes das Classes	Níveis de Danos Potenciais	Consequências	Notas	Situação em relação à perda de vidas
Argentina	3	I, II e III	Alto, Significativo e baixo (equivalente às categorias na mesma ordem)	PdV e danos socioambientais e econômicos	Possível PdV implica Classe I	População em risco encontra-se em zonas próximas à barragem, e/ou em zonas habitadas distantes da barragem onde, mesmo com alerta imediato, a perda de vidas é possível.
Espanha	3	A, B e C	Alto equivalente a A; baixo a C	PeR e danos materiais ou ambientais	PeR equivalente à população residente em pelo menos um centro urbano	Não define a categoria em função da PeV mas sim em função da PeR.
Nova Zelândia	4	Alto, médio, baixo e muito baixo	Equivalentes às classes	Quatro faixas de PeR e quatro níveis de danos avaliados	Classificação em 2 níveis baseada em matriz com valores PeR versus níveis de danos avaliados	As categorias de PdV são definidas para “óbitos”, “possibilidade de poucos óbitos”, não se espera óbitos” e “sem óbitos”.
África do Sul	3	I, II e III	Alto, significativo e baixo	PdV, perdas econômicas e impacto adverso sobre qualidade de recursos	Classificação em 3 níveis baseada em matriz com classe de tamanho versus pontuação de dano potencial	As categorias de PdV são definidas para “nenhuma”, “não maior do que 10” e “maior do que 10”.
Austrália/New South Wales	6	Extremo, alto A, alto B, alto C, significativo e baixo	Equivalentes às classes	Cinco faixas de PeR e quatro níveis de severidade de perdas e danos	Classificação baseada em 2 matrizes com valores PeR e PdV versus gravidade dos níveis de danos e perdas; prevalece PdV.	Estabelece faixas para uma probabilidade de PdV .
Austrália/Queensland	2	1 e 2	Alto e Baixo equivalente às categorias 2 e 1	PeR	Aplicável a barragens reguladas; não é regulada se PeR < 2	Não define a categoria em função da PeV mas sim em função da PeR.
Canadá/British Columbia	5	Muito alto, alto alto e alto baixo, baixo e muito baixo	Equivalentes às classes	PdV, perdas econômicas e sociais, e perdas ambientais e culturais	PdV implica classes alta e muito alta; usa subclasses para a avaliação de riscos	Considera cinco níveis para a PdV, variando de acordo com os seguintes intervalos - “sem possibilidades”, “baixo potencial para a perda de múltiplas vidas”, “10 ou menos pessoas”, “100 ou menos pessoas”, “mais de 100 pessoas”.
Canadá/Québec	Sistema de classificação baseado em matriz do risco, que combina vulnerabilidade e consequências em função de ponderações. A definição dos riscos é comparado no relatório com uma prática nacional.					
Portugal	3	Alto, significativo e baixo	Equivalentes às classes	PeR, e danos socioambientais e econômicos	PeR > 25 implica classe alta	Não define a categoria em função da PeV mas sim em função da PeR.
EUA/FEMA	3	Alto, significativo e baixo	Equivalentes às classes	PdV e perdas econômicas, ambientais e de serviços vitais	PdV implica classe alta	As categorias de PdV são definidas para “nenhuma esperada” e “provável, uma ou mais esperadas”.
EUA/Estados	Os sistemas de classificação para os 50 estados e Porto Rico são comparados na tabela 40 e Anexo I					
EUA/USACE	3	Alto, significativo e baixo	Equivalentes às classes	PdV e perdas econômicas, ambientais e de serviços vitais	PdV implica categoria alta	PdV Alto sempre que houver a perda de uma ou mais vidas.
EUA/USBR	3	Alto, significativo e baixo	Equivalentes às classes	PeR e perdas econômicas	PeR > 6 implica classe alta	Considera a PdV em faixas, de “nenhuma”, de “1 a 6 vidas em perigo” e “maior do que 6”.
BRASIL	3	Alto, médio e baixo	Equivalentes às classes	PdV e perdas econômicas, ambientais e de serviços vitais	PdV implica classe alta	existência de população a jusante com potencial de perda de vidas humanas

162. Uma das dificuldades para a classificação do dano potencial reside nas descrições usadas. A redação dada para explicação sobre perdas de vidas pode potencialmente ser um problema para um avaliador, principalmente onde prevalecem áreas recreativas no reservatório ou onde grupos sazonais (por exemplo, campistas) frequentam a área a jusante da barragem. No caso de um evento com uma barragem cuja ruptura não inundará residências nem causará perdas econômicas/ambientais, seria pouco provável que campistas estejam no reservatório ou no rio naquele momento. Por isso, para o caso de inundação, o dano potencial incremental pode ser considerado baixo.
163. No caso de um evento sísmico, pode haver algum uso transitório próximo à barragem. Porém, para uma barragem em local remoto, a dupla probabilidade de um uso transitório infrequente coincidir com um terremoto seria muito baixa. Por isso, a barragem pode ser classificada como uma estrutura de baixo dano potencial. O problema para o avaliador surge quando os reguladores optam por especificar que, para uma barragem de baixo dano potencial, o potencial para perda de vidas é nenhuma, sem texto explicativo. No mundo atual de muito controle sobre a segurança, essas palavras levam a classificações muito conservadoras das barragens, sem atender sempre o interesse público. O termo “nenhuma esperada” seria melhor. Exemplos de países ou estados que usam o termo “nenhuma” são Nova Zelândia, África do Sul, British Columbia e Portugal.
164. Algumas diretrizes no Canadá (como British Columbia) e na Austrália (como New South Wales) usam as consequências incrementais da ruptura de uma barragem para estabelecer sua classificação. As categorias de classificação correspondem nominalmente às classes de dano potencial sugeridas pela FEMA, mas outras categorias foram agregadas, especialmente entre as designações altas, para diferenciar entre as consequências sérias e as potencialmente catastróficas de uma ruptura. Essas categorias de consequências muito altas são incluídas nesses sistemas para responder a condições nas quais uma ruptura de barragem poderia levar a um grande número de perdas incrementais de vidas e/ou danos potenciais extremos.
165. A maioria dos países e estados/províncias estudados trabalham com três categorias ou classes para o dano potencial, seguindo as diretrizes da FEMA. Porém, há sistemas como os citados e em poucos estados dos EUA que têm mais do que três categorias. Ter mais do que três categorias oferece maior flexibilidade para os avaliadores ao dividir melhor as classes superiores em categorias menos exigentes, para permitir o reconhecimento do dano potencial para um número reduzido de pessoas, e perdas menores em bens. Isso oferece um relaxamento adequado entre normas de projeto e níveis aceitáveis de risco.
166. Em termos gerais, muitos dos sistemas de classificação nos países e estados/províncias estudados são de natureza e substância semelhantes. Outros poucos são mais complexos, usando mais de uma tabela para níveis de classificações. Exemplos deste caso são New South Wales, Nova Zelândia e África do Sul, onde usam matrizes com duas variáveis para obter a classificação. Além disso, aproximadamente a metade dos sistemas usam a população em risco (PeR) e a outra metade usa perdas de vidas (PdV). A província de Québec usa uma metodologia empírica alinhada com a definição básica de risco, que é o produto da probabilidade de ruptura (representada como parâmetros constantes e variáveis da vulnerabilidade da barragem) e consequências. Desde que todos os dados estejam disponíveis, esta metodologia parece um modo simples e rápido para caracterizar as barragens não apenas em termos de consequências, mas também em termos de seus projetos e condições atuais. Tendo em vista que também é objeto deste relatório a apresentação de um método similar proposto pelo Ministério da Integração Nacional no Brasil, publicado em 2002 no Manual de Segurança e Inspeções para Barragens, apresenta-se adiante a comparação entre este método e o método de Québec.
167. Uma prática comum dos órgãos federais e estaduais nos EUA é classificar uma barragem em função do impacto potencial que uma ruptura ou mau funcionamento (liberação não planejada) teria em áreas a montante e/ou a jusante, ou em locais distantes da

barragem. Há numerosos sistemas de classificação que variam dentro e entre os setores federais e estaduais. Mesmo as diferenças existentes entre sistemas de classificação compartilham um fio condutor: cada sistema tenta classificar barragens em função dos impactos potenciais de uma ruptura ou mau funcionamento da barragem, se ocorrer. O problema mais significativo com esses vários sistemas é o uso de termos que carecem de uma definição clara. Além disso, os vários sistemas usam terminologias diferentes para definir conceitos semelhantes, dificultando assim uma coerência entre os vários órgãos federais e estaduais e também a compreensão pelo público.

168. Os sistemas de classificação para todos os 50 estados americanos e Porto Rico foram resumidos de acordo com o número de classes/categorias e símbolos representativos, incluindo notas quando pertinentes, e foram tabuladas na Tabela 41. O Anexo I apresenta o detalhamento dessa classificação.
169. Quase todos os sistemas de classificação dos estados americanos são muito semelhantes, já que foram elaborados seguindo o modelo da FEMA, se bem que há algumas diferenças. A maioria dos estados usa as três classes propostas pela FEMA, exceto Arizona, Califórnia, Colorado, New Hampshire, Ohio, Oklahoma e West Virginia, que usam quatro categorias. Por outro lado, Connecticut e Washington usam cinco categorias. A Califórnia é o único que usa sistemas de pontos ponderados (semelhantes aos de Québec e da COGERH) para classificar tanto os danos potenciais quanto a condição da barragem (baseado em inspeções e características das barragens).
170. O estado de Washington é um caso interessante a ser seguido por outros estados. O regulador estadual de barragens usa conceitos de risco como parte do programa de segurança de barragens, e seu sistema de classificação assemelha-se com a abordagem de consequências incrementais. A metodologia usada pelo estado de Washington se baseia em um sistema simplificado de avaliação do risco, que implicitamente abrange diretrizes de risco social e procura oferecer um nível consistente de segurança para barragens semelhantes em termos das consequências de ruptura, em todo o estado. A metodologia também é usada, evidentemente, para priorizar as atividades não rotineiras, como as medidas de redução de risco. Outro caso interessante é Montana, onde existem apenas duas categorias (extremo e alto): extremo para as barragens em série, ou seja, em cascata. Utah é um dos poucos estados nos EUA que usa uma abordagem baseada no risco para priorizar suas ações de segurança de barragens.

Tabela 40 – Comparação de Sistemas de Classificação de Dano Potencial  
Estados dos EUA

Estado	Nº de Classes	Nome das Classes	Observações quanto ao dano potencial, por ordem da Classe
Alabama	3	A, M, B	Alto, Moderado, Baixo
Alaska	3	I, II, III	Alto, Significativo, Baixo
Arizona	4	A, S, B, MB	Alto, Significativo, Baixo, Muito Baixo
Arkansas	3	A, S, B	Alto e PdV esperada, Significativo e nenhuma PdV esperada, Baixo e nenhuma PdV esperada
Califórnia	4	E, A, M, B	Extremo, Alto, Moderado, Baixo Sistemas de pontos ponderados usados para dano potencial e condição
Colorado	4	A, S, B, MB	Alto, Significativo, Baixo, Muito Baixo Muito Baixo (Sem Danos Potenciais para a População)
Connecticut	5	C, B, BB, A, AA	Extremo, Significativo, Moderado, Baixo, Muito Baixo
Delaware	3	A, S, B	Alto (classe I), Significativo, Baixo
Florida	3	A, S, B	Alto e PdV Certa, Significativo e PdV Incerta, Baixo e Nenhuma PdV Esperada
Georgia	2	I, II	Alto, Baixo
Hawaii	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo
Idaho	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo
Illinois	3	I, II, III	Alto, Significativo, Baixo
Indiana	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo
Iowa	3	A, M, B	Alto, Moderado, Baixo
Kansas	3	C, B, A	Alto, Significativo, Baixo Considera também a contagem de veículos/dia usada para danos potenciais em estradas
Kentucky	3	C, B, A	Alto, Moderado, Baixo
Louisiana	3	A, S, B	Alto e PdV Provável, Significativo e PdV Possível, Baixo e PdV improvável
Maine	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo Apresenta um quadro com explicativo para avaliar a classe
Maryland	3	I, II, III	Alto, Significativo, Baixo
Massachusetts	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo
Michigan	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo
Minnesota	4	I, II, III, MB	Alto, Significativo, Baixo, Muito Baixo (Nenhum dano potencial)
Mississippi	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo
Missouri	3	1, 2, 3	Alto, Significativo, Baixo
Montana	2	E, A	Extremo para Barragens em cascata, Alto
Nebraska	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo
Nevada	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo
New Hamp	4	C, B, A, AA	Alto, Significativo, Baixo, Muito Baixo
New Jersey	3	I, II, III, IV	Alto, Significativo, Baixo, Muito Baixo
New Mexico	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo
New York	3	C, B, A	Alto, Significativo, Baixo Também inclui D - Desprezível ou Sem Danos Potenciais
North Carolina	3	C, B, A	Alto, Significativo, Baixo
North Dakota	3	A, M, B	Alto, Significativo, Baixo -Também inclui Classes I, II, III, IV, V baseadas em categorias de altura e dano potencial
Ohio	4	I, II, III, IV	Alto, Significativo, Baixo, Muito Baixo
Oklahoma	4	A, S, B, MB	Muito Baixo – Mínimo
Oregon	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo
Pennsylvania	3	1, 2, 3	1 – Alto, 2 – Não é Alto, e 3 – Nenhuma PdV
Puerto Rico	3	A, I, B	Alto, Intermediário, Baixo
Rhode Island	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo
South Carolina	3	I, II, III	Alto, Significativo, Baixo
South Dakota	3	1, 2, 3	Alto, Significativo, Baixo
Tennessee	3	1, 2, 3	Alto, Significativo, Baixo As classe são reavaliada a cada 5 anos
Texas	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo
Utah	3	A, M, B	Alto, Moderado, Baixo
Vermont	3	1, 2, 3	Alto, Significativo, Baixo
Virginia	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo Classes propostas pelo empreendedor, mas aprovadas pelo governo estadual
Washington	5	1a, 1b, 1c, 2, 3	Extremo, Alto, Significativo, Baixo, Muito Baixo Classes baseadas em PeR e danos econômicos/ambientais
West Virginia	4	1, 2, 3, 4	Alto, Significativo, Baixo, Muito Baixo
Wisconsin	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo
Wyoming	3	A, S, B	Alto, Significativo, Baixo

171. Não só muitos dos sistemas de classificação dos países e estados/províncias estudados são de natureza e substância semelhantes, mas a maioria é usada principalmente para dar a mesma orientação aos reguladores e avaliadores de segurança de barragens. Nos regulamentos de segurança de barragens, as classificações são mais usadas para verificar a conformidade com a legislação sobre segurança de barragens (normalmente baseada no tamanho – como altura e volume – ou no dano potencial), critérios de fiscalização, calendário para a revisão da segurança de barragens, periodicidade das inspeções, elaboração de PAEs e outras tarefas necessárias para garantir a manutenção de um nível adequado de segurança. O conceito fundamental é que a barragem deve ser construída e mantida de modo que, no caso hipotético de uma ruptura da barragem, as perdas a jusante (acima de tudo a perda de vidas humanas) não excedam níveis aceitáveis. Além disso, os critérios para a classificação de danos potenciais, na maioria dos sistemas estudados, são frequentemente usados como base para definir as cheias de projeto nas barragens.
172. Já que as barragens de alto dano potencial são as que normalmente e principalmente trazem exigências mais rigorosas como, por exemplo, a elaboração e coordenação de PAEs, inspeções e monitoramento mais frequentes e cheias de projeto de muito baixa probabilidade (por exemplo, CMP), os sistemas de classificação de barragens baseados seja no dano potencial incremental, seja nas consequências, podem ser usados para separar as barragens com altos danos potenciais daquelas que podem causar danos significativos ou baixos. Porém, as consequências devem ser estimadas com a máxima precisão possível, para produzir uma classificação realista. Em última instância, as consequências têm que ser estimadas usando um modelo de análise de ruptura de barragens, e esta é a chave do quebra-cabeça.
173. As zonas de inundação (tanto a montante como, e principalmente, a jusante) têm que ser claramente definidas com parâmetros como área, velocidades da água e profundidades da água, para determinar as consequências associadas em caso de inundação como resultado de uma ruptura ou mau funcionamento de uma barragem. De fato, a análise da ruptura de barragens é usada para elaborar mapas de inundação para os PAEs, em atendimento à Lei Brasileira, para todas as barragens com alto grau de danos potenciais. No entanto, os custos maiores dos estudos de hidrologia, ruptura de barragem e engenharia das rotas a jusante são uniformemente citados nos EUA e em outros países, com programas mais maduros de segurança de barragens, como o principal impedimento para a elaboração de PAEs.
174. Em geral, como é abordado o problema na Argentina, é melhor elaborar uma análise preliminar usando procedimentos simples e conservadores para obter uma primeira aproximação do nível de consequências. As análises devem ser mais complexas e precisas se mais detalhes forem necessários para confirmar a classificação. Esta abordagem evita fazer estudos muito caros e detalhados para classificar pequenas barragens ou estruturas com consequências obviamente baixas. Independentemente da confiabilidade e precisão da metodologia empregada para avaliar as consequências, o que deve prevalecer na decisão é o discernimento equilibrado de engenheiros.
175. Todos os sistemas de classificação de barragens estudados neste relatório dependem da modelagem de rupturas de barragens para categorizar quantitativamente os diferentes níveis de consequências. Essas análises são exigidas, para definir a área inundada a jusante no caso de uma ruptura ou mau funcionamento de uma barragem, e para determinar as características da onda de cheia, como vazão de pico, velocidades da água e profundidades da cheia. As análises de ruptura de barragens são complexas e normalmente caras, se bem que há casos onde as consequências são bastante óbvias e não há necessidade de um modelo sofisticado. Estudos detalhados podem dar uma representação mais precisa de uma inundação potencial

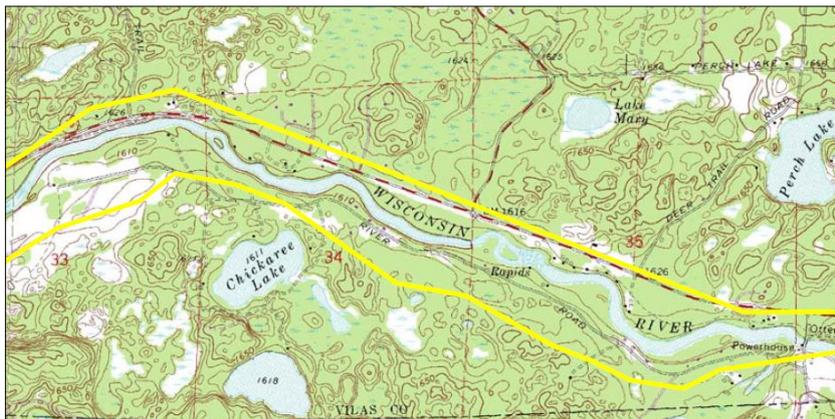
para um determinado conjunto de hipóteses, mas não necessariamente uma representação mais acurada da inundação real, em caso de uma ruptura da barragem.

176. Há modelos eficazes de custo menor, que podem ser usados para estimativas preliminares ou para pequenas barragens, como os mapas simplificados de inundação (*Simplified Inundation Maps SIMS*) desenvolvidos pela FEMA. Há duas maneiras de elaborar esses mapas: (a) usando hipóteses e métodos simplificados de engenharia e (b) identificando moradias e outras infraestruturas potencialmente em risco em mapas fotográficos, sem análise de engenharia. Por exemplo, os SIMS baseados em fotos são preparados usando fotografias aéreas e/ou mapas topográficos para identificar moradias potencialmente em risco a jusante de uma barragem, com verificação posterior dos locais e números de moradias através da inspeção visual de áreas a jusante. As áreas potencialmente em risco devem ser estimadas conservadoramente.
177. Os três passos importantes na elaboração de SIMS baseados em fotografias são: (1) obter uma fotografia aérea da área a jusante da barragem e identificar estruturas potencialmente em risco (Figura 8), (2) obter um mapa topográfico da área a jusante da barragem e delimitar conservadoramente a área de inundação, comparando as curvas de nível da área a jusante com a altura da barragem (Figura 9) e (3) copiar o limite da inundação do mapa topográfico para a fotografia aérea, e identificar quaisquer outras estruturas potencialmente em risco (Figura 10). Seja qual for o método usado para criar um mapa de inundação, deve ser feita a inspeção visual das áreas potencialmente atingidas. Isso permitirá confirmar o número e localização das moradias, características do canal e a presença de alterações no canal ou na planície inundada. Além disso, os contornos das elevações são essenciais. Idealmente esses métodos são mais bem executados com o uso dos melhores dados topográficos existentes.
178. A metodologia de classificação de barragens usada em Québec é semelhante à proposta pelo Ministério da Integração Nacional, publicada no Manual de Segurança e Inspeções de Barragens em 2002 (Tabelas 13-17 e Tabelas 29-33 do Manual). A semelhança está em que as duas usam a definição básica de risco, que é a probabilidade de ruptura da estrutura pelo custo das consequências (medidas em perdas de vidas ou danos econômicos/ambientais) e que as duas usam cinco categorias de risco, de “A” à “E”, sendo “A” a categoria de maior risco. Enquanto Québec simplesmente multiplica a média dos dois valores de vulnerabilidade (análogos à probabilidade de ruptura) pelo valor das consequências, o método do MI soma os dois valores correspondentes à vulnerabilidade e o desempenho da barragem, e multiplica sua média pelo valor das consequências. Por isso, a metodologia do MI parece aproximar-se melhor da fórmula do risco do que a metodologia de Québec.
179. Uma barragem hipotética de 25 metros de altura, de enrocamento, com fundação em saprolito, com capacidade de reservatório de 200 milhões de metros cúbicos e uma cheia de projeto de 1.000 anos, foi usada como exemplo para comparar os dois métodos. A barragem hipotética tem 20 anos, com projeto *as-built*, um vertedouro com confiabilidade satisfatória e obras de descarga aceitáveis, sinais de umidade próximo ao pé da barragem com pequenas depressões na crista, sem deterioração do talude. Além disso, a capacidade útil de armazenamento é menor que 200 milhões de metros cúbicos, a população a jusante é de tamanho médio e o custo é considerado médio. Para o MI o resultado seria  $PR = 86$ , classificando-a como Classe A, segundo a Tabela 33 do presente documento, enquanto o método de Québec produziu  $P = 98$ , equivalente à Classe B, baseado na Tabela 13 deste relatório.
180. Este exemplo não indica necessariamente que o valor do MI seja mais conservador ou que um dos dois métodos produza uma classificação mais confiável. Essas metodologias (presumindo que foram elaboradas cuidadosamente) foram desenvolvidas usando registros

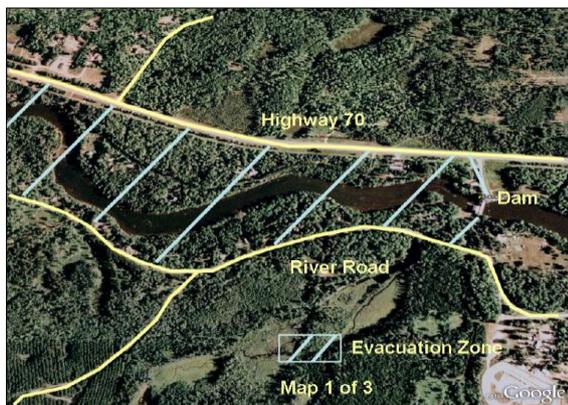
estatísticos de rupturas de barragens para cada parâmetro ou fator que entra na fórmula, como altura, volume, tipo de fundação ou idade (para citar alguns). Cada fator então é avaliado usando o discernimento do profissional e as ponderações são atribuídas em cada parâmetro, para os vários níveis (por exemplo, faixa de anos para o fator idade, diferentes formações de solo ou de rocha para o tipo de fundação, diferentes faixas de altura e de capacidade de armazenamento, etc.). Há bastante subjetividade apoiada por algum grau de estatística. No entanto, a metodologia deve ser testada com projetos reais e com um volume considerável para proporcionar confiança à classificação. Uma diferença importante encontrada entre as duas metodologias é o fato que Québec considera um número menor de parâmetros em sua avaliação de desempenho. Os dois métodos são ferramentas simples de análise do risco, que oferecem aos avaliadores uma visão geral das barragens classificadas.



**Figura 8 – Exemplo de mapa simplificado de inundação (SIMS) baseado em foto. Passo 1**



**Figura 9 - Exemplo de “SIMS” baseado topográfico. Passo 2**



**Figura 10 - Exemplo de “SIMS” baseado na sobreposição de foto com mapa topográfico. Passo 3**

181. No caso do Brasil, em consonância com o Art. 7º da PNSB, o CNRH estabeleceu pela Resolução nº 143 de 10 de julho de 2012 um sistema de classificação em dois níveis para as barragens: por categoria de risco e por dano potencial associado ao sistema de classificação. Este sistema foi elaborado para classificar todas as barragens com fins de contenção ou acumulação de líquidos e/ou sólidos, em atendimento aos critérios mínimos fixados pela Lei. A matriz de classificação para barragens de usos múltiplos consiste basicamente em avaliar parâmetros e níveis com valores ponderados pré-determinados, para determinar um índice de categoria de risco e um dano potencial associado, que são comparados separadamente a várias faixas que definem uma categoria ou classe de risco e/ou dano potencial. Este sistema de classificação será avaliado em outro documento, que trata sobre a classificação de barragens proposta para as barragens reguladas pela ANA, mas este sistema é mencionado neste relatório devido a sua relevância dentro do contexto da Lei.
182. O sistema de classificação de barragens estabelecido pelo CNRH para atender o Art. 7º da Lei nº 12.334/2010 usa a mesma metodologia de parâmetros e ponderações do MI. Além de classificar as barragens em função do dano potencial associado, elas são classificadas com base na vulnerabilidade, desempenho e conformidade com o plano de segurança da barragem (identificado como o índice da categoria de risco). Esse sistema dual de classificação dá outra perspectiva para a classificação de barragens ausente nos sistemas de classificação por dano potencial apresentados neste relatório: a avaliação da integridade estrutural das barragens.
183. Na falta de um processo baseado no risco, o índice de categoria de risco pode ser usado para priorizar medidas de remediação para barragens com problemas críticos de segurança que requerem ação. Essa metodologia, usada com sucesso há uma década pela COGERH do estado do Ceará, é considerada adequada e muito simples de usar para classificar todas as barragens a serem reguladas no Brasil, inclusive aquelas reguladas pela ANA. Os dados necessários para as classificações estipuladas pelo CNRH são de fácil obtenção, se bem que alguns (por exemplo, inspeções e a presença de estruturas administrativas organizadas de segurança de barragens) não estarão prontamente disponíveis e por isso exigirão múltiplas iterações.
184. Quanto mais detalhada for a condução da classificação de uma barragem – principalmente quando contém elementos que representam a integridade estrutural da barragem, a qualidade de seu projeto e seus registros de fiscalização e manutenção – maior será o domínio do empreendedor e do regulador sobre suas barragens para poderem identificar áreas onde há incertezas ou necessidade de melhorias.
185. A metodologia de classificação estabelecida pelo CNRH, no caso brasileiro, pode ser também dinâmica, pois pode ser alterada a qualquer momento. Conforme a Resolução nº 143/2012, caberá ao órgão fiscalizador em, no máximo, a cada 5 (cinco) anos reavaliar, se assim considerar necessário, a classificação a que se refere o *caput* deste artigo (Art.4§2) assim como empreendedor poderá solicitar revisão da classificação efetuada pelo respectivo órgão fiscalizador, devendo, para tanto, apresentar estudo que comprove essa necessidade (Art. 2§2)
186. O Brasil, depois de organizar e fortalecer seu marco regulatório, de identificar todas as barragens a serem reguladas pela Lei, inclusive as pequenas, de classificar pelo menos provisoriamente todas as barragens reguladas, de iniciar o programa de inspeções periódicas e de garantir a elaboração de PAEs em todas as barragens com dano potencial alto, ainda precisará realizar a transição para uma abordagem totalmente baseada no risco na segurança de suas barragens.

187. Essa abordagem pelo risco tem sido comprovada em outros excelentes Programas de Segurança de Barragens já estabelecidos como aqueles dos Estados Unidos (USACE, USBR, FERC e estados como Washington, Montana e Utah estão usando ou começando a usar abordagens baseadas no risco), alguns estados Australianos, algumas províncias Canadenses, Holanda e o Reino Unido, para citar alguns deles. Alguns outros países como a França, Noruega e Suécia já realizaram vários ensaios com a análise de riscos, enquanto outros como Espanha e Portugal estão no rumo da segurança de barragens baseada no risco. Por meio da análise do risco, os empreendedores e reguladores de barragens compreenderão os mecanismos de ruptura relacionados à segurança de barragens e aos impactos potenciais (vidas, econômicos, sociais e ambientais) e fundos serão alocados onde mais ajudarão a alcançar a redução de riscos.

## 6. CONCLUSÕES

188. No contexto das melhores práticas desenvolvidas e usadas em alguns países ou locais do mundo, inclusive do Brasil, sobre os sistemas de classificação de barragens, apresentam-se a seguir as conclusões deste trabalho. Estas conclusões serão a base para a realização do Produto 4, que avaliará o sistema de classificação de barragens do CNRH e sua aplicação às barragens reguladas pela ANA e possivelmente por outras entidades reguladoras do Brasil.

- a. Os Sistemas de Classificações de Barragens são mais usados para orientar os fiscalizadores e empreendedores. Em relação aos fiscalizadores, o sistema auxilia na regulação da segurança de barragens para determinar a conformidade com a legislação de segurança de barragens (normalmente de acordo com fatores de altura e volume), critérios de fiscalização, calendários para a revisão periódica de barragens, periodicidade das inspeções, elaboração de PAEs e outras tarefas necessárias para garantir a manutenção de um nível adequado de segurança. Em relação aos empreendedores, o Sistema auxilia na conscientização dos mesmos quanto aos riscos e danos potenciais associados as suas barragens.
- b. Nos Sistemas de Classificação apresentados neste relatório, muitos órgãos oficiais e entidades profissionais desenvolveram suas próprias versões de classificação por dano potencial, com diferentes definições para as pontuações baixo, significativo ou alto, usando às vezes mais do que três categorias. A revisão cuidadosa das diferentes definições revela o potencial de induzir a inconsistências na definição da cheia de projeto. Algumas destas inconsistências também podem levar a classificações conservadoras.
- c. Os Sistemas de Classificação por dano potencial oferecem um método claro, simples, conciso e adaptável para classificar o dano potencial de barragens. Apesar disso, baseado na revisão feita para este relatório, os sistemas variam (às vezes dramaticamente) em alguns ou muitos dos componentes e critérios.
- d. A classificação por dano potencial não reflete de modo algum a segurança atual de uma barragem, a sua integridade estrutural ou a sua capacidade de contenção de cheia.
- e. Muitos países avaliam e associam a Sistemas de Classificação de danos potenciais os critérios de projeto e construção, o desempenho, a organização da gestão do projeto, os programas de inspeção e as operações e manutenção de barragens.
- f. Os critérios para a classificação do dano potencial também são usados frequentemente como base para definir a cheia de projeto nas barragens. A seleção da cheia de projeto deve ser baseada em uma avaliação dos riscos relativos e nas consequências da cheia nas condições atuais e também futuras. Riscos mais altos podem ter que ser aceitos para algumas estruturas existentes, por causa de condições inconciliáveis.
- g. As áreas impactadas por barragens em fase de projeto, existentes ou em construção devem ser avaliadas para identificar danos potenciais à infraestruturas existentes e previstas, no caso de grandes cheias por descargas controladas ou por inundações causadas pela ruptura ou mau funcionamento da

barragem. Essa avaliação de dano potencial é a base para a seleção das normas de desempenho a serem usadas no projeto da barragem ou na avaliação de barragens existentes.

- h. Um estudo da inundação causada por uma ruptura normalmente é o modo mais eficaz de mostrar a extensão e tempo da inundação esperados no caso de uma ruptura de barragem. É necessário não só delimitar a área de inundação, mas também determinar as consequências, que constituem informações fundamentais para os PAEs, que são documentos muito importantes e exigidos, no Brasil pelo CNRH, para todas as barragens com danos potenciais altos. Este estudo inclui a elaboração de mapas e a indicação de melhorias na área de inundação.
- i. A FEMA sugere mapas simplificados de inundação (SIMS) para barragens de tamanho médio e pequeno, mas eles podem ser usados também para grandes barragens se os dados se limitam a criar um mapa preliminar de inundação, enquanto se prepara outro mais completo. Os dois métodos sugeridos seriam análises simplificadas de engenharia ou mapeamento por fotografia. No entanto, vários outros pesquisadores de hidrologia e hidráulica sugerem outros métodos simplificados que também podem ser usados. O denominador comum é que a informação topográfica é essencial para a realização dessas análises.
- j. O potencial para a perda de vidas é afetado por muitos fatores, inclusive, mas não somente, pela capacidade e número de vias de acesso a terrenos mais altos e pelo transporte disponível. O dano potencial é maior em áreas urbanas. Já que normalmente é difícil delimitar a extensão da inundação, precisamente por limitações dos mapas topográficos, a avaliação do dano potencial deve ser conservadora.
- k. Em qualquer sistema de classificação de danos potenciais, não se pode definir todas as possibilidades de antemão. Áreas ocupadas temporariamente por época do ano (por exemplo, acampamentos) devem ser adequadamente consideradas. O discernimento e o senso comum da engenharia, em última instância, devem fazer parte de qualquer decisão sobre a atribuição de uma classificação de dano potencial.
- l. As barragens que por suas dimensões não seriam reguladas devem ser classificadas mesmo assim, pois serão reguladas se for provável a perda de vidas humanas em função de sua ruptura. É aconselhável o regulador visitar os locais e avaliar a classificação do dano potencial dessas barragens com uma periodicidade não maior do que quinquenal, para determinar se mudou a probabilidade de perda de vidas.
- m. A classificação do dano potencial de uma barragem pode mudar ao longo do tempo. Novidades como o desenvolvimento de áreas a jusante, a elevação ou modificação da barragem para aumentar o volume ou mudanças no uso da terra a jusante podem justificar mudanças na classificação do dano potencial da barragem. Por isso, as classificações devem ser revistas periodicamente e atualizadas em relação às classificações previamente documentadas. O ciclo da revisão da classificação do dano potencial para cada barragem deve corresponder à periodicidade da Revisão Periódica, estabelecida pelo órgão regulador.

- n. Em situações onde várias barragens se situam no mesmo rio (ou seja, em cascata), a ruptura de uma barragem a montante pode induzir a ruptura de uma ou mais barragens a jusante. São circunstâncias complexas, onde barragens a montante e a jusante interagem com os prováveis danos potenciais. Por isso, as consequências de uma ruptura a montante devem incluir quaisquer consequências associadas adicionais da falha da barragem a jusante. Em geral, se a ruptura de uma barragem a montante pode induzir a ruptura de barragens a jusante, a classificação da barragem a montante deve ser, no mínimo, igual ou mais alta do que a classificação das barragens a jusante.
- o. Segundo o ICOLD, é comum as pequenas barragens representarem mais de 90% do número total de barragens. Em um boletim recente (*ICOLD Boletim No. 143*), as pequenas barragens são definidas pelas seguintes características:  $2,5 \text{ metros} < A < 15 \text{ metros}$  e  $A^2\sqrt{V} < 200$  (sendo A altura e V volume). Pelos critérios da PNSB, para uma barragem ser regulada, o requisito de altura é ter mais de 15 metros, mas as pequenas barragens também precisam ser adequadamente classificadas devido à possibilidade de terem alto dano potencial. Por isso, mesmo as pequenas barragens no Brasil devem ser identificadas e cadastradas no SNISB.
- p. Desde os anos 90 e cada vez mais na última década, há uma grande tendência internacional de submeter os programas de segurança de barragens ao gerenciamento de risco. Um dos principais elementos no uso da abordagem baseada no risco é priorizar a solução dos problemas de segurança de barragens nas de alto risco. Mas a filosofia de avaliação de risco também combina todos os elementos para o gerenciamento sistemático e eficiente de um programa de segurança de barragens. Apesar de fazer apenas quatro anos que a Lei de Segurança de Barragens entrou em vigor, recomenda-se que o Brasil deve abraçar a abordagem baseada no risco assim que concluir o processo inicial de cadastramento das barragens e de articulação entre todos os órgãos reguladores e empreendedores de barragens, a começar com as barragens consideradas como de risco mais alto, pela combinação de integridade estrutural e condições existentes e as consequências incrementais.
- q. A comunicação do risco é tão importante quanto os passos dados para determinar os riscos associados a um projeto. Todos os atores e interessados precisam ter consciência e compreensão das características e da importância dos danos potenciais que possam atingi-los. Um público informado fica mais seguro porque os indivíduos podem tomar decisões baseadas no risco, quanto à própria segurança. É extremamente importante comunicar a magnitude e a gravidade do risco, assim como a urgência da situação. Comunicar o risco para o público é uma responsabilidade compartilhada entre os empreendedores, os órgãos federais, estaduais e demais interessados locais.

## 7. REFERÊNCIAS

As seguintes referências foram pesquisadas e parte de seu conteúdo usado na preparação deste relatório.

- Agência Nacional de Águas (ANA), Ministério do Meio Ambiente, Brasil, Relatório de Segurança de Barragens 2011, julho de 2012.
- British Columbia, Canada, British Columbia Dam safety Regulation, B.C. Reg. 44/2000 (inclui as emendas até B.C. Reg. 163/2011), 30 novembro 2011.
- Comissão Nacional Portuguesa das Grandes Barragens, Grupo de Trabalho de Análise de Riscos em Barragens, 1º Relatório de Progresso, janeiro de 2005.
- Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) do Estado do Ceará, Brasil, Relatório Anual de Segurança de Barragens – Riscos e Inspeções 2007/2008, 2008.
- Davidson, Glen, British Columbia Comptroller of Water Rights, Interim Consequence Classification Policy For Dams in British Columbia, fevereiro 2010.
- FEMA, Federal Guidelines for Dam Safety: Emergency Action Planning for Dam Owners, abril 2004.
- FEMA, Federal Guidelines for Dam Safety: Hazard Potential Classification System for Dams, abril 2004.
- FEMA, National Dam Safety Review Board Emergency Action Plan Workgroup, Simplified Inundation Maps for Emergency Action Plans, 2009.
- International Commission on Large Dams (ICOLD), website [http://www.icold-cigb.org/GB/World\\_register/general\\_synthesis.asp](http://www.icold-cigb.org/GB/World_register/general_synthesis.asp)
- International Commission on Large Dams (ICOLD), Bulletin on Dam Safety Management (Draft), 30 outubro 2010.
- International Commission on Large Dams (ICOLD), Small Dams: Design, Surveillance, and Rehabilitation (Bulletin 143), 2011.
- McGrath, Shane, International Practice and Use of Risk Assessment in Dam Management, dezembro 2000.
- Medeiros, Carlos H. (CERB), Segurança de Barragens e Gestão de Risco: Um Relato da Experiência da CERB, apresentado no I Workshop de Segurança de Barragens: Soluções e Desafios para Empreendedores de Barragens de Uso Múltiplo, dezembro de 2012.
- Menescal, Rogério de Abreu, Gestão da Segurança de Barragens no Brasil- Proposta de um Sistema Integrado, Descentralizado, Transparente e Participativo, tese de mestrado, Ceará, Brasil, 2009.

- Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Infraestrutura Hídrica, Brasil, Manual de Segurança e Inspeção de Barragens, julho de 2002.
- Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, España, Clasificación de Presas en Función de Riesgo Potencial: Guía Técnica, novembro de 1996.
- Motta Nunes, Carlos (ANA), Política Nacional de Segurança de Barragens: Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010, apresentado no I Workshop de Segurança de Barragens: Soluções e Desafios para Empreendedores de Barragens de Uso Múltiplo, dezembro de 2012.
- New South Wales Dam Safety Committee, Canada, Consequence Categories for Dams, DSC3A, junho 2010 (atualizado em setembro de 2010).
- New Zealand, Building (Dam Safety) Regulations 2008, Reimpressão no 1º de junho de 2012.
- New Zealand Society on Large Dams (NZCOLD), New Zealand Dam Safety Guidelines, novembro 2000.
- Banco Mundial no Brasil, Serviços Analíticos e Consultivos em Segurança de Barragens para a Agência Nacional de Aguas (ANA), Produto 1: Plano de Trabalho, setembro de 2012.
- Organismo Regulador de Seguridad de Presas (ORSEP), Lineamientos de Seguridad de Presas, março de 2011.
- Pinheiro, António N., Portuguese Dam Safety Legislation: Existing Framework and Practical Aspects of its Implementation, apresentado na *Workshop on Regulatory Framework on Dam Safety*, junho 2011.
- Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), Brasil, Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010.
- Québec, Canada, Dam Safety Regulation, Dam Safety Act (Chapter S-3.1.01), publicada na Parte 1 (français) da Gazette Officielle du Québec, 5 janeiro 2013.
- Republic of South Africa, Department of Water Affairs, Regulations Regarding the Safety of Dams in Terms of Section 123(1), National Water Act, 1998.
- Restelli, Fabián, La Seguridad de Presas en Argentina, Comité Argentino de Presas, 2006.
- The State of Queensland (Department of Natural Resources and Mines), Austrália, Queensland Dam Safety Management Guidelines, fevereiro 2002.
- USA - *The National Dam Safety Program Act*, promulgada no dia 12 de outubro de 1996 como parte da *Water Resources Development Act* de 1996 (P.L. 104-303),

emendada pela *Dam Safety and Security Act* de 2002 para vigorar até 2006 (P.L. 107-310), e reautorizada como a National Dam Safety Act de 2006 (P.L. 109-460), 2006.

- URS Group, Inc., Risk Prioritization Tool for Dams: Users Manual, preparado para a FEMA, 3 março 2008.
- USACE, ER 1110-2-1156, Engineering and Design, Safety of Dams – Policy and Procedures, 28 outubro 2011.
- USBR, ACER Technical Memorandum No. 11, Downstream Hazard Classification Guidelines, 1988.
- Vasconcelos Cavalcante, José R. (COGERH), Operação e Monitoramento de Barragens da COGERH-CE, apresentado no I Workshop de Segurança de Barragens: Soluções e Desafios para Empreendedores de Barragens de Uso Múltiplo, dezembro de 2012.
- World Bank, Washington D.C., Regulatory Frameworks for Dam Safety: A Comparative Study, 2002.
- Zielinski, P.A. (CDA), Risk in Dam Safety: Canadian Perspective, apresentado em Washington, D.C., 18-19 março 2008.

**ANEXO I Classificação do Dano Potencial Associado nos Estados Americanos**

Estado	Extremo	Alto	Significante	Baixo	Muito Baixo	Citações/Notas
Alabama	NA	Dano Potencial Alto	Dano Potencial Moderado/Significante	Dano Potencial Baixo	NA	Fonte: Lei de Classificação e Inventário de Barragens do Alabama, Seção 5 (a). O escritório pode reunir informações necessárias atualizadas em relação às características da barragem e seus arredores, a fim de verificar a sua classificação. O escritório pode utilizar informações fornecidas por outras pessoas para completar o propósito desta lei e seção, incluindo, mas não limitando, a classificação das barragens, conforme a subseção (a).
Alaska	NA	Classificação de Dano Potencial Classe I (Alto), se o departamento determinar que a falha ou operação imprópria/inadequada do barramento resultará em perda provável de vida humana.	Classificação de Dano Potencial Classe II (Significante), se o departamento determinar que a falha ou operação imprópria/inadequada do barramento resulte em (A) Perigo significativo para a saúde pública; (B) A perda provável ou dano significativo às casas domiciliares, estruturas ocupadas, propriedades comerciais, propriedades de alto valor, rodovias principais, estradas principais, trilhos de trem ou utilidades públicas e outras não descritas em (3) (B) dessa subseção; (C) Outras perdas ou danos significativos em propriedades e outras não descritas em (3) (B) dessa subseção; ou (D) Provável perda ou dano significativo em águas identificadas em 5 AAC 95.011 (a) de importância para desova, criação ou migração de peixes anadromous.	Classificação de Dano Potencial Classe III (Baixo), se o departamento determinar que a falha ou operação imprópria/inadequada do barramento resultará em (A) Impactos limitados para áreas rurais ou não urbanizadas, estradas rurais ou secundárias e estruturas; (B) Perda de propriedades ou danos limitados ao dano do barramento; ou (C) Risco insignificante para a saúde pública.	NA	Fonte: 11 AAC 93. 157. Classificação de Dano Potencial.
Arizona	NA	Dano Potencial Alto. A falha ou operação imprópria/inadequada de uma barragem pode ser suficiente para causar perda de vidas humanas por causa das residências, comércio e complexos industriais. Perdas intangíveis podem acontecer e impossíveis de serem mitigadas, serviços críticos de urgência podem ser significativamente interrompidos e impossíveis de serem mitigadas, serviços críticos de urgência (para salvar vidas) podem ser significativamente interrompidos e perdas de propriedades podem ser grandes/extensas. (Provável perda de vida humana. As perdas podem ter escala de baixo para alto; não são necessárias para esta classificação).	Dano Potencial Significativo. A falha ou operação imprópria/inadequada da barragem não seria suficiente para causar perda de vida humana, mas causaria perdas econômicas significativas ou altas, danos intangíveis vão precisar de mais atenção, que causariam interrupção ou impacto nos sistemas de urgência (salva vidas). Perdas de propriedades poderiam ocorrer em áreas predominantemente rurais ou de agricultura, com população transitante, mas com infraestrutura significativa.	Dano Potencial Baixo. A falha ou operação imprópria/inadequada da barragem não seria suficiente para causar perda de vida humana, mas produziria perdas econômicas baixas e perdas intangíveis. Perdas seriam limitadas a uma área (correspondente a uma cheia de 100 anos) ou propriedade pertencente ou controlada pelo proprietário da barragem em regime de locação de longo prazo. O Departamento considera perda de vidas improvável porque não há residências ou locais de acampamentos noturnos.	Dano Potencial Muito Baixo. A falha ou operação imprópria/inadequada da barragem não seria suficiente para causar perda de vida humana e não produziria interrupção dos serviços de urgência, além de perdas econômicas baixas. Perdas seriam limitadas a uma área (correspondente a uma cheia de 100 anos) ou propriedade pertencente ou controlada pelo proprietário da barragem em regime de locação de longo prazo. O Departamento considera perda de vidas improvável porque não há residências ou locais de acampamentos noturnos.	Fonte: AZ DWR, Setembro 2010  Classificação de Dano com base na avaliação das conseqüências incrementais presentes e futuras de falha ou mau funcionamento da barragem, independentemente da condição da barragem.  Avaliação inclui a zona de uso da terra e desenvolvimento projetado em um período de mais de 10 anos seguindo a classificação. Todas as alternativas seguintes podem ser consideradas: provável perda de vida humana, perda econômica/serviços essenciais e perdas intangíveis identificadas e avaliadas por um agente público ou agência de proteção.  - A perda incremental de vidas humanas é determinada primariamente pelo número de estruturas habitáveis que serão impactadas em caso de falha ou operação inadequada da barragem. A perda de vidas humanas é considerada improvável se: As pessoas estiverem apenas temporariamente na área de inundação; se não houver residências ou locais utilizados para pernoites; Se o proprietário tiver controle de acesso as potenciais áreas de inundação e se estiver provida da PAE com processo de alerta caso ocorra falha ou operação inadequada. - Provável perda econômica, de serviços essenciais ou perdas intangíveis determinado pela perda de propriedades, interrupção dos serviços e perdas intangíveis que possam resultar da falha ou operação inadequada da barragem. - A classe de Dano avaliada em cada inspeção e revisa de acordo com as condições atuais.
Arkansas	NA	Perda de vidas humanas esperadas.  Perda econômica alta/excessiva (pública, industrial, comercial ou de exploração de agricultura); mais de \$500,000.	Sem perda de vidas humanas esperadas.  Perda econômica calculável. (estruturas significativas, complexos industriais ou comerciais, terras férteis); \$100,000 a \$500,000.	Sem perda de vidas esperadas.  Perdas econômicas mínimas. (sem estruturas significativas, pastagens, bosques ou terrenos pouco desenvolvidos); menos de \$100,000.	NA	Seção 705.4. Todas as barragens serão classificadas ou reclassificadas para garantir as condições de segurança necessárias. A classificação de Dano deve ser baseada de forma rigorosa tanto em relação à perda de vidas humanas ou econômicas. Se existirem dúvidas em relação à classificação, deverá ser utilizada a classificação de Dano mais alta. Perdas de vidas humanas são baseadas na existência de estruturas habitáveis.
Califórnia	Extremo	Alto	Moderado	Baixo	NA	As barragens são classificadas em relação ao dano potencial e condição. Essa classificação é usada para determinar a frequência que as inspeções serão realizadas e para a seleção do tempo de retorno para estudos hidrológicos. Um sistema de pontuação ponderada é usada para dividir o potencial dano em quatro classificações: extremo, alto, moderado e baixo. Capacidade do reservatório, altura da barragem, evacuação estimada e risco potencial são os fatores utilizados para classificar o dano potencial. Um sistema de pontos semelhante é usado para classificar a condição da barragem como: ruim, regular, bom e excelente. A idade, o estado geral, geológico e configuração sísmica são os fatores avaliados para classificar a condição da barragem. A classificação de dano é reavaliada quando o desenvolvimento ocorre a jusante e quando as condições da barragem são alteradas, seja pela identificação de deficiências ou quando a alteração/reparo for concluída.

<b>Colorado</b>	NA	Dano Alto – Perda de vida humana é esperada em caso de falha da barragem. Locais a jusante designados a recreação, dentro dos limites de inundação, devem também ser avaliados como locais de possível perda humana.	Dano Significativo – A ocorrência de um dano significativo é esperada, mas a perda de vidas humanas não é esperada caso a barragem falhe. Dano significativo é definido como dano em estruturas domiciliares, de trabalho, recreativas ou estabelecimentos públicos/privados. Dano significativo é definido como um dano suficiente para deixar as estruturas inabitáveis ou inoperantes.	Dano Baixo – Perda de vida humana não é esperada e danos significativos em estruturas e estabelecimentos públicos como definido para “Dano Significativo” não é esperando em caso de falha da barragem.	Sem Dano público (SDP) - Uma barragem em que nenhuma perda de vida humana é esperada em caso de falha. Em caso de falha, os danos serão apenas na propriedade do dono da barragem.	Regra 5.4. O dano potencial é derivado de uma avaliação das consequências adversas incrementais prováveis devido a falha ou operação inadequada da barragem. Condições de avaliação é a inexistência de alagamento, e o reservatório é considerado como completo para a linha de nível alta. A classificação não reflete a condição atual da barragem no que diz respeito à segurança, a integridade estrutural, ou a capacidade de determinação da inundação. O método de avaliação de classificação de danos deve ser aprovada pelo Engenheiro do Estado.
<b>Connecticut</b>	Classe C – Barragem com dano potencial elevado que, em caso de falha, resultará em algum destes itens (i) perda provável de vida; (ii) Danos consideráveis em estruturas habitáveis, residências, hospitais, casa de convalescência, escolas e etc.; (iii) Danos em rodovias principais (maior que 1500 ADT); ou (iv) perda econômica considerável.	Classe B – Barragem com dano potencial significativo, que se falhar, resultará em algum destes itens: (i) possível perda de vidas; (ii) pequenos danos a estruturas habitáveis, residências, hospitais, casas de convalescência, escolas e etc.; (iii) danos ou interrupção de serviços de utilidade pública (iv) danos em rodovias principais (menor que 1500 ADT) e ferrovias; ou (v) perda econômica considerável.	Classe BB – Barragem com dano potencial moderado que, em caso de falha, resultará em algum destes itens a seguir: (i) danos a estruturas de armazenamento não ocupadas; (ii) danos a pequeno número de estradas (menor que 500 ADT); ou (iii) perda econômica moderada.	Classe A – Barragem com dano potencial baixo, que, em caso de falha, resultará em algum destes itens a seguir: (i) danos a terras agrícolas; (ii) danos a estradas secundárias (menor que 100 ADT); (iii) perda econômica mínima.	Classe AA – Barragem com dano potencial insignificante que, em caso de falha, resultará em algum destes itens: (i) nenhum dano significativo para estradas; (ii) nenhum dano significativo para estruturas; e (iii) nenhum dado econômico significativo.	O Comissário deve atribuir a cada barragem uma dentro das cinco classes de acordo com seu dano potencial. Essa classificação deve ser determinada pelo Comissário durante a inspeção periódica inicial. Fonte: Roteiro de Inspeção e Manutenção de Barragens
<b>Delaware</b>	NA	Classe I – “Barragem com Dano Potencial Elevado” deve significar que qualquer barragem que sofrer falha ou operação inadequada causará provável perda de vida humana.	“Barragem com Dano Potencial Significativo” deve significar que qualquer barragem que sofra falha ou operação inadequada causará possível perda de vida humana, econômica, danos ambientais, interrupção de serviços de urgência ou impactar outros interesses.	“Barragem com Dano Potencial Baixo” significa que qualquer barragem que sofra falha ou operação inadequada não é suficiente para causar perda de vida humana, porém, pode causar perdas econômicas menores e perdas ambientais.	NA	---
<b>Flórida</b>	NA	Perda direta de vida: Certa/Determinada (uma ou mais residências extensas, comercial ou exploração industrial).  Perda de serviços: Interrupção de estabelecimentos essenciais e acessos  Perda de propriedades: Instalações públicas e privadas extensas  Perdas Ambientais: Custo de mitigação extensivo ou impossível de mitigar.	Perda direta de vida: Incerta (localização rural com poucas residências e exploração industrial ou transiente)  Perda de serviços: Interrupção de serviços essenciais e acessos.  Perda de propriedades: Grandes instalações públicas e privadas.  Perdas ambientais: Mitigação requerida.	Perda direta de vida: não esperada (devido à localização rural sem estruturas permanentes para habitação humana)  Perda de serviços: Sem interrupção dos serviços  Perda de propriedades: Privadas, terras para agricultura. Equipamentos e edifícios isolados  Perdas ambientais: Danos incrementais mínimos.	NA	Fonte: Design Criteria Memorandum: DCM-1 and “Final Hazard Potential Memorandum” por URS (Agosto 2007)
<b>Geórgia</b>	NA	Categoria I – Operação imprópria ou falha da barragem poderá resultar em perda de vida humana. Situações que constituem “provável perda de vida humana” são aquelas situações que envolvem estruturas ou instalações com ocupação frequente, incluindo, mas não limitando, a residências, instalações comerciais e de manufatura, escolas e igrejas.	NA	Categoria II – Operação imprópria ou falha da barragem não causará provável perda de vida humana.	NA	391 -3- 8-0,03 Uma barragem existente classificada como Categoria II poderá ser reclassificada para a Categoria I devido ao desenvolvimento sugerido, a autoridade que regula a emissão da licença para o desenvolvimento deve prever a revisão utilizando o programa de segurança de barragens: (a ) localização da barragem de Categoria II e o desenvolvimento proposto, ( b) um corte transversal pesquisados do vale do córrego no local de desenvolvimento proposto , incluindo as elevações propostas, ( c) uma análise da brecha da barragem para estabelecer a altura da onda de inundação em planície de inundação . Se a reclassificação for considerada apropriada, o proprietário da barragem existente Categoria II pode solicitar uma inspeção do Diretor no prazo de 10 dias após a notificação do desenvolvimento proposto. Levantamentos detalhados, hidrológicos e análises hidráulicas não serão executadas , mas o diretor pode emitir um parecer sobre a adequação hidráulica da barragem. A avaliação escrita do cumprimento da barragem Categoria II em observância com os requisitos da Categoria I deve ser provida ao dono da barragem e as autoridades locais, baseados em inspeções visuais preliminares pelo programa de Segurança de Barragens
<b>Havaí</b>	NA	Dano Alto: Perda de vidas: Uma ou mais esperadas. Perdas Econômicas e Ambientais: Existentes, mas não necessárias para esta classificação.	Significante: Perda de vidas: Não esperada. Perdas econômicas e ambientais: Sim.	Baixo: Perdas de vidas: Não esperado Perdas econômicas e ambientais: Baixas e limitadas ao dono da propriedade.	NA	Regras S.13-190-2

<b>Idaho</b>	NA	Barragens de dano alto: Falhas catastróficas ou liberação de água repentina poderão resultar em perda direta de vida humana.	Barragens de dano Significante: A falha poderá causar um significativo dano econômico às estruturas existentes e poderá contribuir de forma indireta em relação a perdas de vidas humanas.	Barragens de dano alto: sem estruturas habitáveis permanentes da área de inundação; a falha causará apenas danos pequenos à infraestrutura, com baixa probabilidade de perda de vidas humanas.	NA	Fornecido pelo Programa ID, 9/3/2010.
<b>Illinois</b>	NA	Classe I – Em caso de falha existe uma grande probabilidade de perdas de vidas ou econômicas. Similar à classificação de classes das barragens da USACE High Hazard Potential ou USDA/NRCS – barragens classe (C).	Classe II – Em caso de falha existe uma probabilidade moderada de perda de vidas ou perdas econômicas substanciais. Similar à classificação de classes barragens da USACE High Hazard Potential ou USDA/NRCS – barragens classe (C).	Classe III – em caso de falha existe uma probabilidade baixa de perdas de vidas ou perdas econômicas substanciais. Similar à classificação de classes barragens da USACE High Hazard Potential ou USDA/NRCS – barragens classe (C).	NA	-----
<b>Indiana</b>	NA	Alto Dano – Se houver liberação sem controle do conteúdo da estrutura, devido a alguma falha, poderá resultar em alguma das seguintes situações: (A) Perda de vidas (B) Sérios danos a: (i) Casas; (ii) Prédios industriais e comerciais; ou (iii) Estruturas de utilidade pública. (C) Interrupção dos serviços por mais de um (1) dia em qualquer um destes: (i) Estradas estaduais, rodovias duplicadas ou rodovias federais que servem de acesso para a comunidade. (ii) Rodovias federais, incluindo as interestaduais. (D) Interrupção dos serviços por mais de um (1) dia em ferrovias operantes. (E) Interrupção dos serviços de utilidade interestaduais ou intraestaduais, linhas de energia ou comunicação que servem a cidade, comunidade ou importantes complexos militares e comerciais, que a interrupção do mesmo irá afetar a economia, segurança e bom andamento da área por mais de um (1) dia.	Dano Significativo – Se houver liberação sem controle do conteúdo da estrutura, devido a alguma falha, poderá resultar em alguma das seguintes situações: (A) Danos a casas isoladas (B) Interrupção dos serviços por mais de um (1) dia em qualquer um destes: (i) Estradas estaduais, rodovias duplicadas ou rodovias federais que servem de acesso para a comunidade. (ii) Rodovias federais, incluindo as interestaduais. (C) Interrupção dos serviços por mais de um (1) dia em ferrovias operantes. (D) Danos às estruturas importantes onde serviços de utilidade funcionam serão interrompidos por no máximo um (1) dia. Mas alguns destes itens a seguir podem ocorrer: (i) Linhas enterradas poderão ser expostas devido à erosão; (ii) Torres, postes e linhas expostas (acima do solo) podem ser danificadas por quedas de detritos e/ou outros materiais.	Dano Baixo - Se houver liberação sem controle do conteúdo da estrutura, devido a alguma falha, não resultará em nenhum dos itens citados anteriormente em (1) e (2) e o dano será limitado a estruturas de fazendas próximas, terras agrícolas e estradas locais.	NA	A divisão pode modificar a designação da Classificação de Dano, feita anteriormente a partir deste artigo, se as mudanças a jusante afetaram o potencial de perda de vidas humanas e propriedade. (Natural Resources Commission; 312 IAC 10.5-3-1; filed Jan 26, 2007, 10:45 a.m.:20070221-IR-312060092FRA) Fonte: <i>General Guidelines For New Dams and Improvements To Existing Dams in Indiana</i>
<b>Iowa</b>		Dano Alto – Localizado em uma área onde a falha da barragem poderá criar situações de grande probabilidade de perda de vida humana.	Dano Moderado – A falha poderá resultar em danos a casas ou cabanas isoladas, edifícios comerciais ou industriais, estradas com fluxo moderado, interromper serviços de utilidade pública, mas não possui risco substancial de gerar situações onde ocorram perdas de vidas. Barragens também são classificadas como “Dano Moderado” onde a barragem e seu represamento são de importância pública, como as barragens associadas ao abastecimento das redes de água, abastecimento de água para indústrias ou para fins recreativos ou ainda quando são integrantes de algum complexo privado.	Dano Baixo – Danos relacionados a alguma falha serão limitados à perda da barragem, pecuária, dependências agrícolas, terras agrícolas e estradas pouco utilizadas e também em locais onde a perda de vida humana é improvável.	NA	<a href="http://www.iowadnr.gov/water/floodplain/damsafety.html">www.iowadnr.gov/water/floodplain/damsafety.html</a>
<b>Kansas</b>	NA	Barragem Classe C – Uma barragem localizada em uma área onde sua falha poderá resultar em algum destes itens a seguir: Grande perda de vidas humanas; Dano a mais de uma casa; Danos a complexos industriais e comerciais; Interrupção de complexos públicos que servem uma grande quantidade de pessoas; danos a rodovias com grande volume de tráfego que possuem os requerimentos para dano classe C como especificado nas subseções (b) e (c) ou em uma ferrovia com grande movimento. Inundação de complexos de recreação utilizados com frequência que servem um número relativamente grande de pessoas; ou duas ou mais danos individuais descritos na Classe B.	Classe B – Barragem localizada em uma área onde a falha poderá resultar em baixa perda de vidas, danos em casas isoladas, prejudicar o tráfego em rodovias com fluxo moderado que possuem os requerimentos para dano em barragem classe B, como especificados nas subseções (b) e (c), prejudicar o fluxo em ferrovias com pouco movimento, interromper os serviços de utilidade pública que atendem poucas pessoas, inundar áreas recreativas, incluindo áreas de camping que são usadas frequentemente para pernoite e que servem relativamente poucas pessoas.	Classe A – Barragem localizada em uma área onde a falha poderá causar danos apenas a fazendas ou prédios inabitados, terras agrícolas ou pouco desenvolvidas incluindo trilhas ou danos ao tráfego em estradas que possuem pouco fluxo e que preenchem os requerimentos para dano em barragens Classe A, como especificado nas subseções (b) e (c). Incluindo áreas de camping usadas intermitentemente para pernoites e que servem um número relativamente pequeno de pessoas.	NA	K.A.R. 5-40-20.  Contagem de veículos utilizada para determinar o dano potencial criado pela rodovia: Estradas em qualquer parte do aterro ou vertedouro:  Classe A: 0 a 100 Classe B: 101 a 500 Classe C: Mais que 500  Qualquer rodovia que estiver na área de inundação:  Classe A: 0 a 500 Classe B: 501 a 1.500 Classe C: Mais de 1.500

<b>Kentucky</b>	NA	Dano Alto Classe (C) – Estruturas em que a falha causará perda de vidas, sérios danos aos domicílios, prédios comerciais e de utilidade pública, estradas ou ferrovias.	Dano Moderado Classe (B) – Estruturas em que a falha causará danos significantes a propriedades e operações de projeto, mas perda de vidas estão fora de cogitação.	Dano Baixo Classe (A) – Estruturas em que a falha resultará na perda da própria estrutura, mas pouco ou nenhum dano a outras propriedades.	NA	
<b>Los Angeles</b>	NA	Perda de Vidas Humanas: Provável Perda Econômica: Excessiva	Perda de Vidas Humanas: Possível Perda Econômica: Apreciável	Perda de Vidas Humanas: Não Provável Perda Econômica: Mínimo	NA	
<b>Maine</b>		Estruturas de represamento que estão classificadas na categoria “dano alto” serão aquelas em que sua falha poderá causar sérios danos a casas, extensivas áreas de agricultura, complexos industriais e comerciais, serviços públicos importantes, rodovias principais, ferrovias ou outras estruturas de represamento.  Desenvolvimento Urbano: Existe, com pequeno número de estruturas habitáveis.  Perda econômica: Excessiva (Comunidade, Industrial ou de Agricultura).	Estruturas classificadas com “Dano Potencial Significativo” serão aquelas localizadas em áreas predominantemente rurais ou de agricultura, onde a falha poderá causar danos a casas isoladas, estradas secundárias, ferrovias menores, outras estruturas de represamento ou causar interrupção de serviços de utilidade pública relativamente importantes.  Desenvolvimento Urbano: Nenhum. Nada mais que um pequeno número de estruturas habitáveis  Perda econômica: Apreciável (Agricultura, Industrial ou de Estruturas).	Estruturas que entram na classificação de “Dano Potencial Baixo” serão geralmente achadas em áreas rurais ou de agricultura, onde a falha resultará em danos a estruturas de fazendas, terras agrícolas limitadas ou estradas rurais.  Desenvolvimento Urbano: Nenhum. Nenhuma estrutura para habitação humana.  Perda econômica: Mínima (Limitado a estruturas ocasionais ou de agricultura)	NA	Desenvolvimento presente e projetado da área de inundação a jusante da estrutura deve ser considerada para a determinação da classificação. A. Barragens novas ou reconstruídas, com 6 meses da construção ou reconstrução [2001, c. 460, §3 (NEW).] B. Todas as outras barragens, pelo menos uma vez a cada 6 anos; [2001, c. 460, §3 (NEW).] C. Qualquer barragem, no prazo de 30 dias de um pedido de avaliação do proprietário da barragem, o município em que a barragem está localizada ou o diretor de gestão de emergências aonde a barragem está localizada; e [2001, c. 460, §3 (NEW).] A qualquer momento, uma barragem para a qual, na opinião do comissário, tal avaliação é apropriada.
<b>Maryland</b>	NA	Dano Alto (Classe 1) onde perda de vidas e danos extensivos em propriedades são prováveis caso ocorra falha da barragem.	Dano Significativo (Classe 2) onde a falha causará extensivo dano a propriedades públicas ou privadas, mas perda de vida será muito improvável.	Dano Baixo (Classe 3) onde a falha não causará perda de vida e o dano causado será reparado pelo próprio proprietário (ele terá condições financeiras de realizar o reparo).	NA	COMAR 26.17.04-03[B] MD Dam Safety Manual (rev Nov 1993)
<b>Massachusetts</b>	NA	Barragens de Dano Potencial Alto são referentes a barragens localizadas onde a falha poderá causar perda de vidas humanas e sérios danos a residências, complexos industriais ou comerciais, importantes serviços de utilidade pública, rodovias principais ou ferrovias.	Barragens de Dano Potencial Significativo são referentes a barragens localizadas onde a falha poderá causar perda de vidas humanas e danos a casas, complexos industriais ou comerciais, rodovias secundárias ou ferrovias ou causar interrupção de uso ou serviço de instalações importantes.	Barragens de Baixo Dano Potencial são referentes a barragens localizadas onde a falha poderá causar danos mínimos a propriedades de terceiros. Perda de vida não é esperada.	NA	
<b>Michigan</b>	NA	Dano Potencial Alto: A falha poderá causar sérios danos a casas habitadas, prédios agrícolas, áreas de camping, complexos recreativos, prédios comerciais ou industriais, complexos de utilidade pública, rodovias principais ou ferrovias Classe I ou onde a degradação ambiental será significativa, ou onde existe perigo a indivíduos com potencial perda de vidas humanas. (Sec.31503 [11])	Dano Potencial Significativo: A falha poderá causar danos limitados a casas habitadas, prédios agrícolas, estruturas, rodovias secundárias, ferrovias curtas ou complexos de utilidade pública onde a degradação ambiental será significativa ou onde existe perigo a indivíduos. (Sec. 31505 [5])	Baixo Dano Potencial: A falha poderá causar danos limitados à agricultura, prédios inabitados, estradas municipais ou de condado, onde a degradação ambiental será mínima e o perigo a indivíduos será pequeno ou inexistente. (Sec. 31504 [2])	NA	
<b>Minnesota</b>	NA	Classe I – Qualquer perda de vida ou perigo sério, dano à saúde, rodovias principais, propriedades comerciais ou industriais de alto valor, complexos públicos ou grande perda econômica direta ou indireta.	Classe II – Possível perigo à saúde ou provável perda de propriedades de grande valor, danos a rodovias secundárias, ferrovias ou outros complexos públicos, limitada perda econômica direta ou indireta para outro público que não descrito na Classe III.	Classe III – Perda de propriedades restritas principalmente a prédios rurais e estradas locais e rurais, que são parte essencial do sistema de transporte rural da região.	Sem dano. Sem perda potencial de vida e sem impactos para a saúde, segurança e bem-estar.	
<b>Mississippi</b>	NA	Dano Alto –Classe de barragens que em caso de falha poderá causar perda de vida humana, sérios danos a prédios residenciais, indústrias e comerciais; danos ou interrupção de complexos públicos ou de transporte como rodovias principais e ferrovias. As barragens que atingem os termos legais de regulação que são propostas para a construção em áreas residenciais, comerciais ou industriais estabelecidas ou propostas serão atribuídas com essa classificação, a menos que o requerente fornecer provas ou evidências que provem o contrário.	Dano Significativo – Classe de barragens que em caso de falha não causará risco à vida dos habitantes, porém causará danos significativos a estradas, ferrovias menores ou interrupção dos serviços de utilidade pública.	Dano Baixo – Classe de barragens que em caso de falha resultarão apenas em danos a terras de agricultura, prédios de fazendas (excluindo residências) ou estradas menores.	NA	

<b>Missouri</b>	NA	Classe 1 - A jusante da barragem existem pelo menos 10 ou mais habitações permanentes ou qualquer edifício público.	Classe 2 - A jusante da barragem existem de 1-9 habitações públicas ou 1 ou mais acampamentos com água permanente, esgoto e serviços elétricos ou 1 ou mais edifícios industriais.	Classe 3 - Nenhuma vida, acampamentos, habitações públicas, edifícios públicos ou edifícios industriais são ameaçados devido a uma falha da represa.	NA	
<b>Montana</b>	Barragens em Série  (1) O pior cenário deve predominar para se determinar a classificação de dano da barragem em série, quando mais de um modo de falha é possível entre as barragens. A classificação deve ser baseada em potencial de falha e combinado, se aplicável, com cenários individuais de rompimento de barragens. (2) Se uma barragem a montante tem a capacidade de criar falha em uma barragem de alto dano a jusante devido à sua falha por onda de cheia, a barragem a montante deve ser classificada como uma represa de alto dano. Se a falha devido à onda de cheia da barragem a montante causar falha da barragem a jusante, e o fluxo combinado causar perda de vidas, a barragem a montante deve ser classificada como barragem de dano alto.	Dano Alto – A capacidade de represamento é de 50 acres-pé (61.650 m <sup>3</sup> ) ou maior e a perda de vidas humanas é provável de ocorrer caso ocorra violação das áreas de inundação devido à falha da barragem. A área de inundação, apenas para propósito dessa classificação, é a área inundada causada devido à cheia da barragem até o limite de emergência do vertedouro. A avaliação dos efeitos de inundação, para fins de classificação, continuará a jusante até que a área de inundação seja correspondente a um período de retorno de 100 anos. O hidrograma de escoamento e encaminhamento a jusante dos fluxos, para fins de classificação, será estimado pelo departamento ou por determinação visual ou técnicas de modelagem de barragem. Perda de vidas são possíveis de ocorrer caso as seguintes estruturas estejam presentes na área de inundação: casas ou prédios de fazenda ocupados, lojas, postos de combustível, parques, campos de golfe, estádios, parques de futebol, rodovias interestaduais, principais entre outras rodovias pavimentadas, incluindo ferrovias, áreas de descanso ao redor de rodovias, áreas de camping; excluindo estradas não pavimentadas e todas as estradas privadas.	NA	NA	NA	(History: Sec. 85-15-110 , MCA; IMP , Sec. 85-15-209 , MCA; NEW , 1988 MAR p. 2489, Eff. 11/24/88.)
<b>Nebraska</b>	NA	Alto Dano – Falha ou operação inadequada da barragem poderá resultar em perda de vida humana.	Dano Significativo – falha ou operação inadequada da barragem não irá resultar em perda de vidas humanas, mas poderá gerar grande perda econômica, danos ambientais ou interrupção de instalações de salva-vidas.	Baixo Dano Potencial – Falha ou operação inadequada da barragem não irá resultar em perda de vidas humanas e a perda econômica será baixa.	NA	Leis 2005, LB 335, § 19, § 32, § 21. Effective Sept 4, 2005.~ Revised Statutes Supplement 2005, Sections 46-1632, 46-1621
<b>Nevada</b>	NA	Dano Alto – Onde existe um potencial significativo de perda de vida humana ou grande perda econômica.	Uma barragem que possui a designação de Dano Significativo não possui grande potencial de perda de vidas em caso de falha, porém terá uma perda econômica apreciável.	Uma barragem que possui a designação de Dano baixo possui um pequeno em gerar perda de vidas em caso de falhas, e a perda econômica se restringe a propriedade do dono da barragem.	NA	<a href="http://water.nv.gov/Engineering/Dams_hazard_designations.cfm">http://water.nv.gov/Engineering/Dams_hazard_designations.cfm</a> NAC 535.140

New Hampshire	NA	<p>“Estrutura Classe C” é associada a uma barragem que possui a classificação de Alto Dano Potencial por que estar localizada em um local onde a falha ou operação inadequada da barragem poderá resultar em perda de vidas humanas devido a:</p> <p>(A) Nível e velocidade da água, resultando em falha na estrutura de residências habitáveis ou em estruturas comerciais ou industriais, que são ocupadas sob condições normais.</p> <p>(B) Nível da água chegando ao primeiro andar de estruturas residenciais habitáveis ou estruturas industriais ou comerciais que são ocupadas sob condições normais quando o aumento devido a uma falha na barragem seja maior que 1 pé (30cm).</p> <p>(C) Danos estruturais em rodovias interestaduais que podem deixar a via intransitável ou também interromper serviços públicos de resgate.</p> <p>(D) A liberação de uma quantidade e concentração de materiais como “resíduo perigoso” como definido pelo RSA 471-A: 2 VI; ou</p> <p>(E) Qualquer outra circunstância que não poderá causar uma ou mais mortes.</p>	<p>“Estrutura Classe B” é associada a uma barragem que possui a classificação de Significativo Dano Potencial por que está localizada em um local onde a falha ou operação inadequada da barragem poderá resultar em perda de vidas humanas devido a:</p> <p>(A) Sem perda provável de vidas;</p> <p>(B) Perdas econômicas significativas a estruturas e propriedades.</p> <p>(C) Danos estruturais em estradas Classe I ou II que podem tornar a mesma intransitável ou de alguma forma interromper os serviços públicos de regaste</p> <p>(D) Perdas ambientais ou de saúde pública significativas, incluindo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Danos ao sistema público de abastecimento de água.</li> <li>(2) Lançamento de líquido industrial, agrícola ou resíduos comerciais, esgoto, ou sedimentos contaminados se a capacidade for de 2 acres-pés (2.466 m<sup>3</sup>) ou mais.</li> <li>(3) Danos em sistemas ambientais sensíveis que não estão incluídos na definição de danos ambientais reversíveis.</li> </ol>	<p>“Estrutura Classe A” é associada a uma barragem que possui a classificação de Baixo Dano Potencial por que está localizada em um local onde a falha ou operação inadequada da barragem poderá resultar em perda de vidas humanas devido a:</p> <p>(A) Sem perda provável de vidas;</p> <p>(B) Baixa perda econômica em estruturas ou propriedades.</p> <p>(C) Danos estruturais em rodovias de cidades ou acessos privados, que não a do dono da barragem, que podem tornar a via intransitável ou também interromper os serviços públicos de resgate.</p> <p>(D) Lançamento de líquido industrial, agrícola, resíduos comerciais, esgoto ou sedimentos contaminados se a capacidade é menor que 2 acres-pé (2.466 m<sup>3</sup>) e está localizado a mais de 250 pés (76,0 m<sup>3</sup>) de um corpo d’água ou curso d’água;</p> <p>(E) Danos ambientais reversíveis em locais de grande sensibilidade ambiental.</p>	<p>“Estrutura Classe AA” significa uma barragem que não é uma ameaça, porque está em um local e de um tamanho que falha ou operação inadequada da barragem não resultaria em perda provável de vida ou perda de propriedade, desde que a barragem seja:</p> <p>(A) Menor que 6 pés (1,8 m) de altura e se possuir uma capacidade maior que 50 acres-pés (61.650m<sup>3</sup>);</p> <p>(B) Menor que 25 pés (7,6 m) de altura se possuir uma capacidade entre 15 acres-pés (18.495m<sup>3</sup>) a 50 acres-pés (61.650m<sup>3</sup>).</p>	NHCAR, Env-Wr 100-800
New Jersey	NA	Classe I – Barragens de Alto Dano Potencial - A falha poderá causar perda de vidas humanas ou danos extensivos a propriedades.	Classe II – Barragens de Significativo Dano Potencial – A falha poderá causar danos significativos a propriedades, mas sem perda de vidas humanas.	Classe III – Barragens de Baixo Dano Potencial – A falha causará a perda da barragem, mas não causará danos adicionais a outras propriedades.	Classe IV – Pequenas Barragens – Qualquer projeto que possuir menos que 15 acre-pés (18.495m <sup>3</sup> ) de água e menos que 15 pés (4,6 m) de altura e que possui uma área de drenagem acima da barragem menor que 150 acres (607 km <sup>2</sup> ).	N.J.A.C. 7:20-1.8.
New Mexico	NA	Alto Dano Potencial: Barragem em que a falha ou operação inadequada provavelmente irá causar perda de vidas humanas.	Dano Potencial Significativo: Barragens em que a falha ou operação inadequada não resultará em perda de vidas humanas, mas causará perdas econômicas, danos ambientais, interrupção de linhas de resgate ou impactar outras áreas. As barragens com classificação de Dano Potencial Significativo são frequentemente localizadas em áreas predominantemente rurais ou agrícolas, mas podem também estar localizadas em áreas populosas com infraestrutura significante.	Baixo Dano Potencial: Barragens em que a falha ou operação inadequada não resultará em perda de vidas e apenas em baixa perda econômica. As perdas são praticamente limitadas ao proprietário da barragem.	NA	[19.25.12.10 NMAC - N, 3/31/2005] A classificação é baseada em perda de vidas, danos à propriedade e danos ambientais que provavelmente podem ocorrer no evento de falha da barragem. Concessões para evacuação ou outras ações emergenciais devem ser consideradas.
New York	NA	Barragem Classe “C” ou de “Alto Dano”: A falha poderá resultar em sérios danos a residências; danos a rodovias principais, prédios comerciais ou industriais, ferrovias, importantes complexos, incluindo, sistemas de abastecimento de água, estações de tratamento de esgoto, gasodutos, energia, infraestrutura de cabos ou telefones; ou danos substanciais ao meio ambiente. Perdas de vidas humanas e econômicas são possíveis de ocorrer.	Barragem Classe “B” ou de “Dano Intermediário”: A falha da barragem poderá resultar em danos a casas isoladas, rodovias principais e ferrovias menores; pode resultar em interrupção de complexos importantes, incluindo abastecimento de água, tratamento de esgoto, gasodutos, energia, infraestrutura de cabos e telefone; e/ou danos pessoais e/ou perdas econômicas substanciais ou perdas ambientais. Perda de vidas humanas não é esperada.	Barragem Classe “A” ou de “Baixo Dano”: A falha da barragem não resultará em grandes danos, sendo apenas a prédios isolados e não ocupados, terras não ocupadas, pequenas estradas, como estradas de cidade e rurais; não resultará em interrupção de importantes complexos, incluindo abastecimento de água, tratamento de esgoto, gasodutos, energia, infraestrutura de cabos e telefone; e/ou incapaz de causar danos pessoais, perdas econômicas ou danos ambientais substanciais.	NA	<p>Fonte: NY dezembro, setembro 2010</p> <p>673,5 Classificação de Danos (2009)</p> <p>Revisa linguagem relacionada com a classificação de dano que podem ser atribuídos a uma barragem, e os fatores que o Departamento pode considerar na atribuição de uma classificação de dano, para maior clareza.</p> <p>Requer que o Departamento deve notificar proprietário de uma barragem, quando se muda a classificação de perigo, e que o Departamento irá disponibilizar uma lista de barragens e as classificações de risco atribuídas a eles.</p> <p>Fornecer um processo de recurso a classificação de dano. também inclui</p> <p>Barragem Classe "D" ou "Negligível ou Sem Dano": Uma barragem que foi rompida ou removida, ou falhou ou não armazena água, ou uma barragem que foi planejada, mas nunca construída. Barragens Classe "D" são consideradas barragens extintas possuindo dano negligenciável ou sem dano. O departamento pode reter registros pertinentes a respeito de tais barragens.</p>

North Carolina	NA	Classe C – Alto Dano: Barragens localizadas onde a falha poderá causar perda de vidas ou sérios danos a residências, prédios comerciais e industriais, complexos públicos importantes, rodovias principais ou ferrovias importantes.	Classe B – Dano Intermediário: Barragens localizadas onde a falha pode causar danos a rodovias ou ferrovias secundárias, causar interrupção de serviços de utilidade pública, causar pequenos danos a casas isoladas, ou causar pequenos danos a prédios comerciais e industriais. Danos a essas estruturas apenas serão considerados secundários quando não estiverem localizados nas proximidades da onda de falha; e também não ocorrerá aumento maior que 1.5 pés devido ao excesso de água. Todos os outros danos potenciais serão considerados sérios.	Classe A – Baixo Dano: Barragens localizadas onde a falha poderá causar danos a prédios não habitados e não residenciais, terras agrícolas ou estradas de pequeno fluxo.	NA	Regra. 0105																											
North Dakota	NA	Alto – Barragens localizadas a montante de centros urbanos onde a falha poderá causar sérios danos a casas, prédios comerciais e industriais e complexos públicos. Existe o potencial de perda de uma pequena quantidade de vidas caso a barragem falhe.	Médio – Barragens localizadas em áreas predominantemente rurais ou agrícolas que a falha poderá causar danos a casas isoladas, rodovias principais, ferrovias ou causar interrupção de alguns complexos públicos. É esperada a perda de algumas vidas humanas em caso de falha da barragem.	Baixo – Barragens localizadas em áreas rurais ou agrícolas onde são pequenas a probabilidade de futuros investimentos. A falha de barragens com Baixo Dano Potencial poderá causar danos a terras agrícolas, estradas locais e rurais, e prédios de fazendas que não residências. Não há perda de vidas esperadas.	NA	<p>Fonte: ND State Water Commission, Sept. 2010 A classificação de Barragens de Dakota do Norte é baseada tanto no tamanho da barragem quanto na classificação do Dano, como mostrado na seguinte tabela (Fonte: ND Dam Design Handbook, 1985).</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>Table 4-1. Dam Design Classifications</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Dam Height (Feet)</th> <th colspan="3">Hazard Categories</th> </tr> <tr> <th>Low</th> <th>Medium</th> <th>High</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Less than 10</td> <td>I</td> <td>II</td> <td>IV</td> </tr> <tr> <td>10 to 24</td> <td>II</td> <td>III</td> <td>IV</td> </tr> <tr> <td>25 to 39</td> <td>III</td> <td>III</td> <td>IV</td> </tr> <tr> <td>40 to 55</td> <td>III</td> <td>IV</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td>Over 55</td> <td>III</td> <td>IV</td> <td>V</td> </tr> </tbody> </table> <hr/>	Dam Height (Feet)	Hazard Categories			Low	Medium	High	Less than 10	I	II	IV	10 to 24	II	III	IV	25 to 39	III	III	IV	40 to 55	III	IV	V	Over 55	III	IV	V
Dam Height (Feet)	Hazard Categories																																
	Low	Medium	High																														
Less than 10	I	II	IV																														
10 to 24	II	III	IV																														
25 to 39	III	III	IV																														
40 to 55	III	IV	V																														
Over 55	III	IV	V																														
Ohio	NA	Classe I – A falha repentina da barragem poderá resultar em provável perda de vida humana ou colapso de estruturas, ao menos uma residencial ou uma comercial ou industrial. Barragens que possuem um volume de armazenamento maior que 5 mil acres-pés (6,1 hm <sup>3</sup> ) ou a altura maior que 60 pés (18.3m) devem ser alocadas na classe I.	Classe II: Barragens que possuem um volume de armazenamento maior que 500 acre-pés (616.500m <sup>3</sup> ) ou uma altura maior que 40 pés (12.2m). Perda de vidas humanas não é provável. A falha da barragem resultará em pelo menos uma das seguintes condições: (A) Interrupção dos serviços de abastecimento de água ou tratamento de esgoto, lançamento de materiais danosos à saúde ou resíduos comerciais ou outras substâncias danosas à saúde. (B) Inundação de residências, comércios, indústrias ou estruturas públicas. (C) Inundação de propriedades de grande valor. (D) Dano ou interdição de estradas principais incluindo, mas não limitando a rodovias interestaduais e rodovias estaduais, e acessos únicos a áreas críticas, como hospitais, postos de saúde, prisões e outros estabelecidos pelas autoridades. (E) Danos ou interdição de ferrovias ou complexos de utilidade pública. (F) Danos a barragens ou diques de grande valor a jusante de classes I, II e III.	Classe III – Barragens que possuem uma altura maior que 25 pés (7,6m) ou um volume total de armazenamento maior que 50 acres-pés (61.650m <sup>3</sup> ). Perda de vida humana não é esperada. A falha repentina da barragem irá resultar em alguma das seguintes condições: (A) Perda de propriedades, incluindo, mas não limitando, a prédios rurais não descritos no parágrafo A desta regra, e barragens e diques classe IV não listadas como propriedades de alto valor no parágrafo A dessa regra. Na solicitação do dono da barragem, a autoridade pode isentar algumas barragens dos critérios desse parágrafo se o dono assumir os riscos. (B) Danos ou interdição de estradas locais, incluindo, mas não limitando a estradas não listadas como principais no parágrafo A desta regra.	Classe IV: Barragens com altura de 25 pés (7,6m) ou menores e um volume total de armazenamento de 50 acres-pés (61.650m <sup>3</sup> ). A falha repentina poderá causar perda de propriedades restritas aos arredores da barragem, terras rurais próximas e a perda de vidas não é provável. Barragens classe IV estão isentas dos requerimentos da seção 1521.06 do código revisado pertencente ao parágrafo (C) da regra 1501:21-10-01 do código administrativo.	Regras de Administração, Capítulo 13-1501:21-13-01. Todas as informações pertinentes, incluindo as circunstâncias incomuns devem ser consideradas pelo governante para se estabelecer uma classificação adequada de uma barragem. Prováveis desenvolvimentos futuros da área a jusante da barragem, que seriam afetados pela sua falha devem ser consideradas. A completa mitigação de danos a jusante, tais como aquisição, remoção ou proteção dos bens a jusante podem, também, ser consideradas. No entanto, os critérios acima em nada impedem a exigência do governante em proteger a vida, saúde ou propriedade.																											
Oklahoma	NA	Dano Alto: Devido à falha da barragem podem ocorrer perda de vidas humanas devido à presença de estruturas habitáveis. Perda econômica excessiva/danos a propriedades (comunidade local, industrial ou agricultura).	Dano Significativo: Sem potencial perda de vida. Estruturas habitáveis podem existir nas áreas de inundação, mas a falha não irá gerar riscos à vida. Perda econômica apreciável/danos a propriedades (agricultura, industrial ou estrutural).	Baixo Dano: Nenhum (Sem perda de investimentos futuros, nenhum desenvolvimento futuro provável; pode ser zoneada para prevenir o desenvolvimento futuro).	Perdas Econômicas e de propriedades mínimas (estruturas temporárias ou agricultura).	785:25-3-3. Classificação de danos sujeitos à regulamentação e mudanças. (A) Para barragens inventariadas na Segurança Nacional de Barragens, programa autorizado em 33 USC 467, classificações de dano previstos na Fase I são presumidas relatórios precisos. Se o proprietário da barragem discorda, ele tem o ônus de demonstrar que Classe de perigo deve ser alterada. (B) A critério do Conselho de Administração, qualquer proposta ou barragem existente considerado como tendo classificação de um dano potencial elevado podem ser sujeitos a regulação, independentemente do tamanho ou capacidade de captação. (C) A classificação de dano potencial pode mudar à medida que a área a jusante de uma barragem desenvolve, assim, a barragem pode ser reclassificada periodicamente.																											

Oregon	NA	Dano Alto: Essa classificação indica que se a barragem falhar existe uma grande probabilidade de perda de vidas. Essa probabilidade é plausível, pois estruturas habitadas (como casas e comércios) a jusante serão inundados (veja em 690-020-0100(2)(d)) para um critério específico que põem pessoas que habitam as estruturas em perigo. Qualquer fator que mostre uma grande possibilidade de existência de pessoas a jusante deve ser considerada. O departamento deve inspecionar as barragens dessa classe de forma anual.	Dano Significativo: Essa classificação indica que se a barragem falhar, infraestruturas (como estradas, linhas de transmissão de energia ou outros grandes prédios não habitados) poderão ser danificados ou destruídos devido à inundação. O departamento deve inspecionar as barragens dessa classe no mínimo 1 vez a cada 3 anos.	Baixo Dano: Essa classificação indica que se a barragem falhar existe uma pequena possibilidade plausível de perda de vidas humanas. As infraestruturas poderão ser afetadas de maneira mínima. O departamento deve inspecionar as barragens dessa classe no mínimo uma vez a cada seis anos.	NA	<a href="http://arcweb.sos.state.or.us/rules/OARS_600/OAR_690/690_020.html">http://arcweb.sos.state.or.us/rules/OARS_600/OAR_690/690_020.html</a>
Pensylvania	NA	Alto Dano: Barragem localizada onde existem áreas populosas a jusante. Categoria 1: Perda substancial de vida: Perda econômica excessiva (residencial, comercial, agricultura e substancial inconveniência pública). A falha irá impactar duas ou mais estruturas habitáveis. Categoria 2 – Alto Dano. A inundação, devido à falha, irá impactar uma estrutura habitável.	Categoria 2 – Dano Não Alto: Estruturas habitáveis não serão impactadas (perda econômica apreciável) Categoria 2: Poucas fatalidades (sem áreas rurais ou urbanas desenvolvidas e não mais que um pequeno número de estruturas habitáveis)m. Perda econômica apreciável (danos a propriedades privadas ou públicas e um curto período de inconveniência pública).	Categoria 3 – Sem perda de vida esperada (sem estruturas permanentes para habitação humana) Perda econômica mínima (estruturas pouco desenvolvidas ou temporárias que não geram grande inconveniência pública).	NA	Fonte: PA DEP, Sept. 2010
Puerto Rico	NA	Alto Dano – Estruturas em que a falha causará perda de vidas e sérios danos a comunidades, indústrias e agricultura.	Dano Intermediário – Estruturas em que a falha causará poucas perdas de vidas e dano significativo a propriedades e projetos em andamento.	Baixo Dano – Estruturas em que a falha resultará na perda da própria estrutura, mas não causará muito mais danos adicionais a outras propriedades.	NA	
Rhode Island	NA	Alto Dano: A falha ou operação inadequada resultará em perda provável de vidas humanas	Dano Significativo: A falha ou operação inadequada não resultará em provável perda de vidas humanas, mas causará grandes perdas econômicas, interrupção de serviços de resgate, ou impactar outros aspectos de saúde pública, segurança e bem-estar.	Baixo Dano: A falha ou operação inadequada não resultará em provável perda de vidas humanas e apenas a baixas perdas econômicas	NA	Nos regulamentos efetuados em dezembro de 2007, cada barragem tem uma classificação de dano alta, significativa ou baixa, o que é uma determinação feita pelo Diretor, relativos a falha ou operação inadequada da barragem.
South Carolina	NA	Classe I – Alto Dano: Barragens localizadas em locais em que, caso ocorra falha, causará perda de vidas ou sérios danos.	Classe II – Dano Significativo: Barragens localizadas em locais onde caso ocorra falha não causara perda de vidas, mas causará danos a propriedades.	Classe III – Baixo Dano: Barragens localizadas em locais onde caso ocorra falha, apenas causará danos mínimos a propriedades.	NA	
South Dakota	NA	Categoria 1: Perda potencial de vidas.	Categoria 2: Sem perda de vidas esperada. Potencial de perda econômica extensiva (comunidade ou industrial).	Categoria 3: Sem perda de vidas esperada: Potencial de perda econômica mínima. (estruturas temporárias pouco desenvolvidas).	NA	<a href="http://legis.state.sd.us/rules/DisplayRule.aspx?Rule=74:02:08:05">http://legis.state.sd.us/rules/DisplayRule.aspx?Rule=74:02:08:05</a>
Tennessee	NA	Categoria 1: A falha resultará em algum dos itens a seguir: perda de vidas humanas; perdas econômicas excessivas devido aos danos causados às propriedades localizadas a jusante; perda econômica excessiva, danos públicos, ou inconvenientes públicos devido à interrupção ou danos a estradas ou qualquer instalação pública ou privada.	Categoria 2: A falha poderá causar danos a propriedades pública ou privadas localizadas a jusante, mas estes danos serão mínimos se comparados à capacidade financeira do proprietário. Inconvenientes devido à perda de estradas ou qualquer instalação pública ou privada será mínima e de curta duração. A chance de perda de vida existe, mas é remota.	Categoria 3: A falha pode causar danos a estruturas não habitadas ou terras, mas esses danos provavelmente serão limitados ao dono da barragem, Sem perda de vidas humanas esperadas.	NA	O Regulamento determina que as barragens sejam reavaliadas para o dano potencial a cada cinco anos (1200-5-7-. 05).
Texas		Uma barragem na categoria de Alto Dano Potencial possui: (A) perda de vida esperada (sete ou mais vidas ou mais que uma estrutura habitável a jusante da barragem); ou (B) perda econômica excessiva, localizada primariamente próxima à áreas urbanas onde a falha da barragem pode causar danos extensivos a: (i) Complexos públicos; (ii) Complexos de agricultura, industriais ou comerciais. (iii) Complexos públicos (iv) Rodovias principais como definido em §299.2(33); (v) Ferrovias principais utilizadas para transporte.	Uma barragem classificada como dano potencial significativo possui: (A) possível perda de vidas humanas (uma a seis vidas ou uma ou mais estruturas habitadas localizadas a jusante); ou (B) perda econômica apreciável, localizada primariamente em áreas rurais, onde a falha pode causar: (i) Danos a casas isoladas (ii) Danos a rodovias secundarias como definido em §299.2(58); (iii) Danos a ferrovias menores; ou. (iv) Interrupção de serviços de utilidade pública.	Uma barragem classificada como Baixo Dano Potencial possui: (A) perda de vida humana não esperada (sem estruturas permanentes em áreas a jusante da barragem); e (B) perda econômica mínima (localizada primariamente em áreas rurais onde a falha pode causar danos a prédios de fazendas, campos de agricultura limitados e rodovias menos importantes como definido em §299.2(38).	NA	Definições providas pelo programa TX, 9/3/2010.

<b>Utah</b>	NA	Alto Dano: A falha poderá causar perda de vidas humanas ou econômicas extensivas, incluindo danos a complexos públicos.	Dano Moderado: A falha da barragem tem pouca probabilidade de causar perda de vidas humanas, mas pode causar danos a propriedades, incluindo danos a complexos públicos. Subcategorias: Maior que 20 ac-ft (24.660m <sup>3</sup> ): (Aprovação requer planos formais) Menor que 20 ac-ft (24.660m <sup>3</sup> ): (Aprovação requer procedimentos de aplicação).	Baixo Dano: A falha da barragem pode causar mínimos danos à vida humana e a perda econômica será mínima, limitada ao dono da propriedade. Subcategorias: Maior que 20 ac-ft (24.660m <sup>3</sup> ) e a falha da barragem causará danos a propriedades que não sejam do dono da barragem (aprovação requer planos formais); Maior que 20 ac-ft (24.660m <sup>3</sup> ) com consequências da falha limitadas a propriedades do dono da barragem (aprovação requer procedimentos de aplicação); Menor que 20 ac ft. (24.660m <sup>3</sup> ) (Aprovação requer procedimentos de aplicação).	Baixo Dano (sem planos formais requeridos) Subcategorias: NA.	O corpo de engenheiros tem a autoridade final para designar a classificação da barragem.
<b>Vermont</b>	NA	Classe 1/Alto Dano Barragens que em caso de falhas podem causar perda de vidas humanas e perda econômica excessiva.	Classe 2/Dano Significativo Barragens que em caso de falha resultarão em poucas perdas de vidas e perda econômica apreciável.	Classe 3/Baixo Dano Barragens que em caso de falha não resultarão em perda de vidas humanas ou qualquer perda econômica.	NA	O departamento classifica as barragem de acordo com as perdas devido a alguma falha e usa o sistema de classificação de dano a jusante recomendado pelo Corpo de Engenheiros do Exército Americano.
<b>Virginia</b>		Alto dano potencial é designado a estruturas em que em caso de falha podem causar perda de vidas humanas ou sérios danos econômicos. “Perda provável de vida” significa que o impacto que ocorrer é suficiente para causar a perda de vidas humanas, incluindo, mas não limitando a danos a: residências, comércios e outras estruturas ocupadas ou estradas principais. Danos econômicos podem ocorrer também, mas não limitando a: prédios, complexos comerciais ou industriais, complexos públicos, estradas principais, ferrovias, propriedades privadas e de interesses agrícolas. “estradas principais” incluem, mas não limitam apenas a: estradas interestaduais, rodovias principais, ruas urbanas de grande volume de fluxo ou qualquer outra estrada de grande fluxo.	Dano potencial significativo é designado a estruturas que em caso de falha podem causar perda de vidas ou dano econômico apreciável. “pode causar perda de vidas” significa que talvez possa ocorrer perda de vidas humanas, incluindo, mas não limitando a: complexos que são frequentemente usados por humanos que não sejam residências, comércios e outras estruturas ocupadas ou estradas secundárias. Danos econômicos podem ocorrer, mas não se limitam a: prédios, complexos comerciais e industriais, complexos públicos, estradas secundárias, ferrovias, propriedades privadas e terras agrícolas. “estrada secundária” incluem, mas não limitam a: rodovias secundárias ruas de pouco fluxo, estradas de serviço entre outras estradas de pouco fluxo.	Baixo Dano Potencial é designado a estruturas que em caso de falha não resultarão em perda de vidas humanas e apenas resultarão em perdas econômicas mínimas. “sem perda de vidas esperadas” significa que não haverá perda de vidas humanas.		4VAC50-20-40. Classificação de Dano Potencial de Estruturas de Armazenamento <a href="http://www.dcr.virginia.gov/documents/dsfinregs092608.pdf">www.dcr.virginia.gov/documents/dsfinregs092608.pdf</a>  A classificação de dano potencial deve ser proposta pelo proprietário e estará sujeito à aprovação do conselho. Para apoiar a classificação de dano potencial adequada, a análise de quebra de barragem será conduzida pelo engenheiro contratado pelo proprietário da barragem. O uso da terra atual e planejada para que um plano de desenvolvimento seja oficialmente aprovado pela localidade na barragem de quebra de zonas de inundação a jusante da estrutura de represamento deve ser considerado na determinação da classificação. Estruturas de represamento devem ser objeto de reclassificação pelo conselho, se necessário.
<b>Washington</b>	Alto Dano/Classe 1a -PeR*: Maior que 300 -Perda econômica: Extrema. Maior que 100 estruturas habitadas. Centros urbanos bem desenvolvidos e populosos, associados com indústrias, propriedades, transporte e comunidades.	Alto Dano/Classe 1b -PeR*: 31-300 -Perda Econômica: Extrema. 11 a 100 estruturas habitadas. Centros urbanos de média densidade associados com indústrias, propriedades e transporte. - Danos ambientais: Danos severos à qualidade da água e em seus reservatórios. Efeitos longínquos em corpos hídricos e vida humana.	Alto Dano/Classe 1c -PeR*: 7-30 - Perda Econômica: 3 a 10 estruturas habitadas. Baixa densidade urbana com alguns complexos de trabalho e industrial. Rodovias e ferrovias principais.	Dano Significativo/Classe 2 -PeR*: 1-6 - Perdas econômicas: Apreciável. 1 ou 2 estruturas habitadas. Campos de trabalho ou agricultura notáveis. Estradas e ferrovias secundárias. Danos ambientais: Limitado à degradação da qualidade da água dos reservatórios com consequências curtas.	Baixo Dano/Classe 3 -PeR*: 0 Perda Econômica. Mínima. Sem estruturas habitadas. Limitadas a empreendimentos agrícolas. Danos ambientais: Sem material contagiosos nos reservatórios.	Classificação de dano a jusante reflete as condições correntes do desenvolvimento das áreas a jusante. As consequências potenciais mais sérias da falha do PeR, perda econômica e danos ambientais são utilizados para determinação no dano potencial. *PeR=População em Risco

West Virginia	NA	Classe 1 (Dano Alto): Barragens localizadas onde a falha pode causar perda de vidas humanas ou danos consideráveis em prédios comerciais ou industriais, ferrovias principais, importantes complexos públicos. Essa classificação deve ser usada caso o evento resulte em perda de vidas.	Classe 2 (Dano Significativo) Barragens localizadas onde a falha pode causar danos pequenos a prédios comerciais ou industriais, complexos públicos importantes, ferrovias principais ou causar danos a prédios não ocupados. A perda de vidas na Classe 2 é improvável.	Classe 3 (Baixo Dano): Barragens localizadas em áreas rurais ou de agricultura que em caso de falha irá causar danos pequenos a prédios não residenciais e não ocupados ou terras agrícolas. A falha de uma barragem Classe 3 irá causar apenas a perda da barragem em si e da propriedade onde está localizada, além também de estradas próximas, com probabilidade de danos adicionais a propriedades adjacentes. A perda de vidas humanas de uma barragem Classe 3 é improvável. Um represamento excedendo 40 pés (12,2m) de altura e 400 acre-ft (493.200m <sup>3</sup> ) de volume de armazenamento não deverá ser classificada como barragem Classe 3. A barragem de eliminação de resíduos, cuja falha pode causar danos significativos ao meio ambiente, não deve ser classificada como uma represa classe 3.	Classe 4 (Dano Insignificante): Barragens, que em caso de falha, não irão gerar perda de vidas humanas, perdas de propriedades e sem potencial para gerar danos ao ambiente. Exemplos: Barragens que atravessam (barraram) rios, falhas que em qualquer condição não irão alagar áreas acima das elevações de projeto. Barragens localizadas em reservatórios de outra barragem, que em qualquer situação, podem conter água lançada de uma outra barragem Classe 4; e barragens em série que possuem barragens de Classe 4 associadas nas proximidades do reservatório que pode conter falhas da barragem Classe 4 em qualquer condição. Ao considerar um pedido de designação de Classe 4, o diretor pode exigir concordância por escrito dos proprietários de barragens a jusante que podem ser afetados por uma falha da barragem de Classe 4. Aprovação é exercida pelo diretor, e será com base na avaliação de engenharia das barragens e as áreas a jusante em questão.	
Wisconsin	NA	Alto Dano: A classificação de Dano Alto deve ser dada aquelas barragens que possuem desenvolvimento na área de inundação e que podem ser inundadas mais que 2 pés (61 cm) e que não possuem como controlar o fluxo nessa área. A classificação deve ser designada caso ocorra perda de vidas humanas devido à falha ou operação inadequada da barragem.	Dano Significativo: A classificação de dano significativo deve ser designada aquelas barragens que não possuem desenvolvimento nas áreas abaixo que podem ser inundadas mais que 2 pés (61 cm). Perda potencial de vidas é improvável. A falha ou operação inadequada não resultará em perda de vidas humanas, mas poderá acarretar em perdas econômicas, danos ambientais e interrupção de serviços de resgate.	Baixo Dano: A classificação de dano baixo deve ser designada aquelas barragens que não possuem áreas desenvolvidas em áreas de inundação e que a falha ou operação inadequada não irá gerar perda de vidas humanas, pouca perda econômica (limitado principalmente ao dono da propriedade), baixo dano ambiental, sem interrupção significativa dos serviços de resgate.	NA	Fonte: Página 63 do Dam Design and Construction
Wyoming	NA	Barragens com Alto Dano poderão, em caso de falha, resultar em provável perda de vida humana.	Barragens com dano significativo poderão, em caso de falha, causar danos em propriedades, mas sem perda de vidas humanas.	A classificação de uma barragem como “baixo dano potencial” deve ocorrer somente quando houver danos mínimos prováveis à propriedade.	NA	<a href="http://wyohomelandsecurity.state.wy.us/Library/mitigation_plan/Chap4_Dam_Safety.pdf">http://wyohomelandsecurity.state.wy.us/Library/mitigation_plan/Chap4_Dam_Safety.pdf</a>